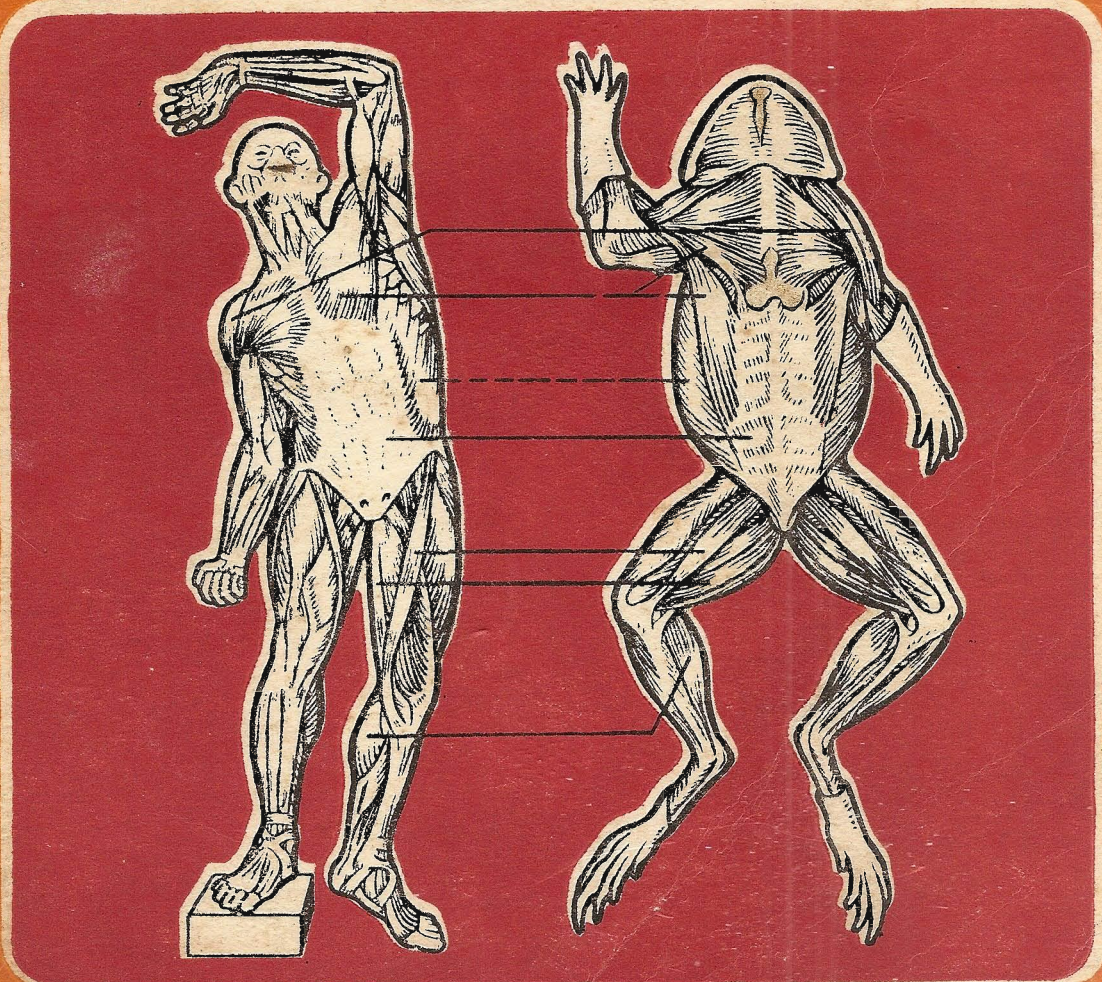
M. STOICA – I. MIHĂILESCU

LUCRĂRI PRACTICE DE ANATOMIE ȘI FIZIOLOGIE ANIMALĂ



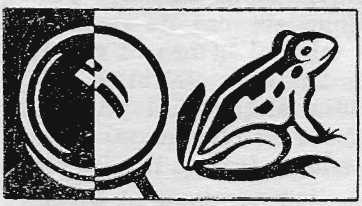
B.B

MARIA STOICA
conf. univ.

ION MIHĂILESCU
prof. emerit

LUCRĂRI PRACTICE DE ANATOMIE ȘI FIZIOLOGIE ANIMALĂ

Ediția a II-a, revizuită



21.07.1983
= Constanța =

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ – BUCUREȘTI, 1981

Redactor : prof. gr. I **Aurora Mihail**
Tehnoredactor : **Victoria Ghimiş**
Grafician copertă : **Ion Toma**

Introducere

Disciplinele biologice se bucură de un viu interes din partea elevilor, acest interes fiind firesc, deoarece, din cele mai vechi timpuri, legătura omului cu natura l-a obligat să se intereseze de tot ce îl înconjură, să se adapteze la condițiile mereu schimbătoare ale mediului.

Această preocupare necontenită a omului de a deveni stăpîn al naturii prin cunoașterea și transformarea ei i-a îngăduit să ajungă la imensul volum de cunoștințe pe care le posedă astăzi despre ființele din natura înconjurătoare, precum și despre propria sa natură.

Însușirea acestor cunoștințe și descoperirea aspectelor încă necunoscute ale naturii reclamă însă un efort susținut din partea tineretului, iar din partea educatorilor o deosebită stăruință pentru autoperfecționarea lor continuă.

Nu este suficient ca elevii să se rezume la simpla audiere a lecțiilor sau la studierea manualului, ei trebuie să se deprindă cu o muncă metodică de observare a plantelor, animalelor și a propriei lor ființe.

Însușirea deprinderilor de a observa și adînci cunoștințele pe cale experimentală este de cea mai mare utilitate pentru cunoașterea naturii. Ținînd seama de marea însemnătate a observației și a experimentului pentru acumularea cunoștințelor este necesar ca, în școală, elevii să capete deprinderi cît mai sistematice pentru realizarea acestora. Se impune de aceea ca în cadrul lecțiilor de științe biologice să se înfățișeze cît mai multe materiale demonstrative, reprezentate îndeosebi prin piese naturale. Schițele, planșele, mulajele, piesele conservate în lichid au, desigur, o mare importanță în predarea și asimilarea cunoștințelor, dar nimic nu poate înlocui efectul produs prin prezentarea materialului viu.

Dacă în unele cazuri, și mai ales la studiul plantelor, prezentarea în clasă a unor astfel de materiale nu întîmpină greutăți prea mari, în altele însă, și îndeosebi la lecțiile de anatomia și fiziologia omului, se pot ivi dificultăți serioase în această direcție.

În vederea învingerii unor astfel de dificultăți a fost elaborată lucrarea de față. Ea se adresează profesorilor de biologie din școlile de orice tip. O pot folosi și elevii care găsesc în ea informații de natură să lărgească orizontul lor de cunoaștere în problemele de biologie.

Dorința noastră este ca să servească drept îndrumar pentru demonstrațiile și lucrările practice de anatomie și fiziologie, să ajute pe cei ce o vor folosi, în realizarea observațiilor și experiențelor din domeniul acestor discipline.

Progresele în toate ramurile cunoașterii sînt așa de mari încît profesorii sînt obligați să facă eforturi permanente în vederea informării lor la zi. Învățămîntul nu poate totuși să urmeze pas cu pas progresele foarte

rapide ale științei și tehnicii, de aceea rolul său esențial este de a forma pe elevi în așa fel încît fiecare să fie capabil ca ulterior să asimileze noul, în sectorul de activitate în care va lucra.

Lucrarea pe care noi o prezentăm profesorilor de biologie va contribui la informarea acestora cu mijloace pentru a face un învățămînt legat de realitățile concrete, imperativ al vremurilor noastre.

Întocmind această lucrare nu ne-am propus să furnizăm soluții pentru multitudinea problemelor pe care le ridică predarea disciplinelor menționate în școli (nici nu era posibil să fie epuizată întreaga gamă a mijloacelor), ci numai să dăm un modest sprijin profesorilor, în vederea legării mai strînse a anatomiei și fiziologiei de problemele vieții. Ne-am gîndit și la faptul că profesorii de biologie pot și trebuie să caute căi și mijloace de rezolvare a problemelor pe care le ridică predarea prin metode active a cunoștințelor biologice în școală. Cu alte cuvinte profesorii pot găsi și soluții la care nu ne-am gîndit.

Pentru atingerea acestui scop am ținut seama de realitățile prezente în școala românească de cultură generală și de perspectivele pe care le oferă rapida dezvoltare și perfecționare a învățămîntului în etapa de construire a societății socialiste multilateral dezvoltate.

Ne-am străduit să prezentăm o varietate de lucrări, unele mai simple și foarte ușor de realizat, altele ceva mai complicate, dar realizabile. Am ținut seama și de gradul diferit de dotare cu aparate și utilaje al școlilor, ca și de faptul că acesta va cunoaște o îmbunătățire continuă.

Sînt posibile recoltarea, procurarea și prezentarea de material necesar experiențelor de fiziologie animală în toate zonele țării, după cum este posibilă efectuarea demonstrațiilor și experiențelor în orice școală. Facem această afirmație bazîndu-ne pe experiența proprie și pe experiența altora cu care, în cursul unei îndelungate activități la catedră, am făcut schimburi de informații și experiență.

Cu toate acestea ne-ar fi greu să susținem că s-ar putea înfăptui în orice școală, cel puțin deocamdată, tot ce noi am expus în lucrare. Am socotit util să oferim profesorilor posibilitatea de a-și alege dintr-un număr de demonstrații și experiențe pe acelea care sînt mai potrivite condițiilor respective de dotare. De aceea am mers pe ideea prezentării mai multor variante experimentale pentru ilustrarea aceluiași fenomen fiziologic.

Pe de altă parte, încercînd cît mai multe experiențe, atît profesorii cît și elevii vor adînci problemele științifice și vor dobîndi deprinderi practice de lucru.

Vrem să încheiem șirul acestor constatări cu considerația că demonstrațiile și lucrările practice de anatomie și fiziologie animală sînt nu numai de un folos imediat și direct, pentru o mai justă înțelegere a materiei predate, ci și de o mare utilitate, pentru dezvoltarea dragostei și a interesului elevilor privind cercetarea naturii, în general, și a propriei lor ființe, în special.

Cît privește unele dificultăți, care s-ar ivi în calea acestor activități, sîntem convinși că ele pot fi depășite. Dacă în trecut organizarea și înzestrarea unui laborator, cît de modest, era o problemă aproape de nerezolvat, astăzi, în patria noastră, există suficiente posibilități ca un astfel de laborator să fie organizat și dotat în cele mai bune condiții. Organizarea și dotarea depind însă în cea mai mare măsură de stăruința și dragostea de meserie a profesorului.

AUTORII

I.

EXPERIENŢELE DIDACTICE DE ANATOMIE ŞI FIZIOLOGIE ANIMALĂ. ROLUL LOR

Dezvoltarea ştiinţei şi culturii impun şcolii o activitate intensă pentru ridicarea calitativă a învăţămîntului, care trebuie să realizeze, din punctul de vedere al formaţiei sale, pe omul societăţii actuale şi viitoare. Aceasta este sarcina principală a şcolii, pentru care trebuie căutate mijloacele cele mai eficace.

Cunoştinţele ştiinţifice se cer mereu îmbogăţite şi închegate într-un sistem în care noţiunile se dezvoltă progresiv. Metodele de transmitere ale acestor cunoştinţe trebuie să ţină permanent pasul cu cercetările din domeniul pedagogiei şi experienţa pozitivă să fie aplicată în predare. În acest context, învăţămîntului biologic îi revine un important rol.

Însuşirea cunoştinţelor de anatomie-fiziologie dă posibilitatea elevilor să cunoască structura propriei lor fiinţe, să înţeleagă, măcar în parte, esenţa proceselor vitale şi interdependenţa funcţională dintre organe, modul de integrare al diferitelor funcţii ale vieţii pentru realizarea unităţii structurale şi funcţionale a corpului omenesc. Cunoaşterea acestora are importante implicaţii teoretice şi practice. Elevii îşi întăresc convingerea despre legătura omului cu restul lumii animale şi-şi însuşesc ideea despre evoluţia şi perfecţionarea continuă a vieţii.

Cunoaşterea biologicului fiinţei umane dă posibilitate omului de a interveni în mod eficace, în cazul apariţiei unor dereglări datorită factorilor interni sau externi. Cunoscîndu-şi structura propriului corp, modul cum funcţionează organele şi cum funcţiile lor se condiţionează şi influenţează reciproc, omul poate interveni, în cunoştinţă de cauză, şi ca atare în mod eficace, pentru menţinerea unui echilibru funcţional normal, pentru păstrarea sănătăţii sale somatice şi psihice, pentru menţinerea şi sporirea capacităţii sale de muncă.

Ca urmare, omul este înarmat în lupta contra superstiţiilor determinate de necunoaşterea funcţiilor diferitelor organe din corp şi are o atitudine conştientă şi serioasă faţă de regulile de igienă personală şi faţă de cultura fizică şi sport. Rezultă de aici valoarea practică, şi educativă în acelaşi timp, a cunoştinţelor de anatomie şi fiziologie.

Înţelegerea proceselor fiziologice nu se poate realiza însă numai prin prezentarea în mod teoretic a problemelor ; mecanismele lor funcţionale, foarte complexe, nu se pot înţelege şi nici păstra în acest mod. *Experienţa didactică* este cea care favorizează înţelegerea ştiinţifică a fenomenelor fiziologice ; ea dă posibilitatea reproducerii unora dintre aceste fenomene, a studierii lor în afara organismului însuşi. Să facem doar o exemplificare, de pildă cea a experienţei care dovedeşte rolul bilei în acţiunea de emulsionare a grăsimilor şi care se poate executa uşor. O emulsie temporară se poate obţine de către elevi prin agitarea unei epru-

bete în care s-au introdus, peste cei 5 cm^3 apă, 0,5 cm^3 ulei de floarea-soarelui. La început cele două substanţe sînt separate după greutăţile lor specifice. Prin agitare, elevii observă că s-a obţinut o emulsie prin fragmentarea uleiului în particule fine care sînt răspîndite în masa apei. Lăsînd eprubeta în repaus, după puţin timp cele două substanţe se separă, aşezîndu-se din nou în ordinea greutăţii lor specifice ; emulsia nu este permanentă. Elevii verifică cu acest prilej şi unele probleme de fizică. În altă eprubetă, peste aceeaşi cantitate de apă şi ulei, se adaugă bila extrasă din vezica biliară a unui animal de curînd sacrificat. Agitînd ca în cazul precedent se obţine din nou o emulsie, dar, lăsată în repaus, cele două substanţe nu se mai separă ; emulsia este permanentă ; conţinutul eprubetei rămîne mereu opalescent. Elevii deduc rolul bilei în menţinerea emulsiilor stabile. Ei deduc, de asemenea, rolul pe care bila îl îndeplineşte în acţiunea de digerare a grăsimilor, care trebuie să fie cît mai fin fragmentate pentru ca să se obţină o mai mare suprafaţă de contact cu enzimele lor specifice — lipazele.

Iată deci posibilitatea de a verifica prin experienţe, unele procese chimice şi fizice complexe care se produc, în mod normal, în organism.

Executîndu-le independent, elevii consolidează cunoştinţele lor, fixează durabil în mine fenomenele pe care le asimilează în mod conştient şi le pot interpreta în mod ştiinţific, fac generalizări, emit concluzii teoretice şi practice, utile pentru viaţă. Ei îşi însuşesc astfel principalele noţiuni de igienă care să-i ajute în organizarea raţională a vieţii, a alimentaţiei, a activităţii şi odihnei, la prevenirea bolilor, şi se conving, în legătură cu aceasta, de adevărul că „igiena începe şi se termină cu profilaxia".

Dobîndind cunoştinţe de fiziologie în mod teoretic şi pe bază experimentală, elevii se conving, de asemenea, că regulile igienice nu sînt nişte norme întîmplătoare, ci decurg din cunoaşterea profundă a structurii şi fiziologiei organismului omenesc, că ele sînt stabilite pe baza cunoaşterii relaţiilor multiple şi complexe dintre organism şi mediul său ambiant.

Pe lîngă toate acestea, activitatea experimentală determină elevii să-şi însuşească priceperi şi deprinderi practice. Ei învaţă să mînuiască unelte şi aparate mai simple sau mai complicate, îşi sporesc încrederea în forţele proprii, li se trezeşte interesul pentru studiul ulterior. Elevii învaţă să-şi pună probleme şi să caute soluţii pentru rezolvarea lor prin cercetarea ştiinţifică.

Rezultă, fără îndoială, din cele prezentate pînă aici, importanţa instructivă şi educativă a experienţelor de anatomie-fiziologie şi rolul lor în formarea spirituală a omului.

Vrem însă să mai semnalăm un fapt, şi anume, grija noastră ca această formaţie să se realizeze fără echivoc. Ne gîndim că unele experienţe didactice ar putea lăsa în mintea elevilor anumite îndoieli cu privire la interpretarea rezultatelor şi formularea concluziilor.

Pedagogia propune, în această privinţă, soluţii valoroase. Se atrage atenţia asupra importanţei metodei compartive pentru asimilarea fără dificultăţi şi în mod just a cunoştinţelor. Pe baza unei practici îndelungate la catedră, sîntem convinşi de eficacitatea acestei metode. De aceea apreciem că este necesară experienţa de control, cel puţin în situaţia în care diferenţele sînt greu sesizabile.

Să ne referim la experienţa privind analiza aerului expirat : cînd un elev observă că soluţia limpede de $Ca(OH)_2$ dintr-o eprubetă s-a tulburat dacă în ea s-a suflat aer din plămîni, el deduce că aerul expirat conţine CO^2. Corelînd aceste observaţii cu cele cunoscute de la lecţiile de chimie şi fizică, el va înţelege originea CO_2 şi mecanismul schimburilor gazoase O_2 şi CO_2 la nivel pulmonar şi tisular.

Pentru a înlătura elevilor bănuiala că soluţia de $Ca(OH)_2$ s-a tulburat şi din cauza CO_2 care se găsea în aerul din cameră, ceea ce este posibil în condiţiile unei camere neaerisite, experienţa de control trebuie efectuată concomitent.

Se ia încă o eprubetă cu $Ca(OH)_2$ şi se trece prin ea aer din cameră, folosindu-se o pară de cauciuc sau o pompă. Se va vedea că soluţia rămîne limpede sau se tulbură foarte puţin.

Din rezultatele celor două experienţe se deduce că aerul expirat conţine mai mult CO_2 deoarece, cantitatea de precipitat este mai mare, iar reacţia se produce cu repeziciune.

Se desprinde ideea despre importanţa elementului comparativ, grija pentru interpretarea corect ştiinţifică a rezultatelor, exigenţa ştiinţifică cu care trebuie să-i obişnuim pe elevi în activitatea de studiu.

Valoarea educativă a experienţelor didactice de fiziologie constă şi în faptul că elevii, participînd activ la observaţii, efectuează analize pe care, unificîndu-le, realizează sinteze şi ajung la noţiuni ştiinţifice. Utilizîndu-le pe acestea fac deducţii şi ajung la concluzii generalizatoare. Se dezvoltă spiritul de observaţie, iar noţiunile, care sînt legate de imaginile pe baza cărora s-au creat, duc la formarea deprinderii de a raţiona, la dezvoltarea gîndirii ştiinţifice.

Experienţele de anatomie-fiziologie facilitează şi înţelegerea determinismului, cauzalităţii şi interdependenţei dintre fenomenele fiziologice. Ca să exemplificăm am putea să ne gîndim la cele ce se întîmplă prin distrugerea experimentală a măduvei spinării unui animal. Acestuia i se produce abolirea unor reflexe, dovadă concludentă pentru elevi că activitatea reflexă este condiţionată de integritatea şi activitatea acestui organ nervos.

În încheiere, cu privire la rolul experienţelor de anatomie şi fiziologie în şcoală, putem spune că ele constituie un foarte preţios mijloc pentru înţelegerea ştiinţifică a proceselor vieţii. Fără ele mai greu pot fi înţelese mecanismele fiziologice, atît de variate şi complexe, care au loc în organism. Cunoştinţele sînt asimilate în mod activ şi conştient, ceea ce asigură capacitatea aplicării lor în practică.

II.

APARATE ŞI UTILAJE NECESARE EFECTUĂRII EXPERIENŢELOR DE ANATOMIE ŞI FIZIOLOGIE

În vederea organizării laboratorului de anatomie şi fiziologie, un ajutor preţios se obţine prin procurarea materialului produs de Oficiul central pentru mijloace de învăţămînt (mulaje, preparate histologice, planşe, piese conservate în lichid etc.).

Pentru experienţele în care se ilustrează procese biofizice şi biochimice putem folosi unele dintre materialele existente în laboratoarele de chimie şi fizică din şcoli : eprubete, pipete, baloane cotate, stative, suporturi, pahare Berzelius, diverşi reactivi, surse de curent electric continuu (baterii anodice, acumulatori), transformatori de sonerie pentru obţinerea unui curent alternativ de voltaj mic (3—8 V), bobine de inducţie, întrerupătoare electrice, conductori electrici din fire subţiri şi maleabile.

Pe lîngă acestea sînt necesare truse de disecţie : foarfece drepte, foarfece cu vîrful curbat, bisturie, pense anatomice şi chirurgicale, pense

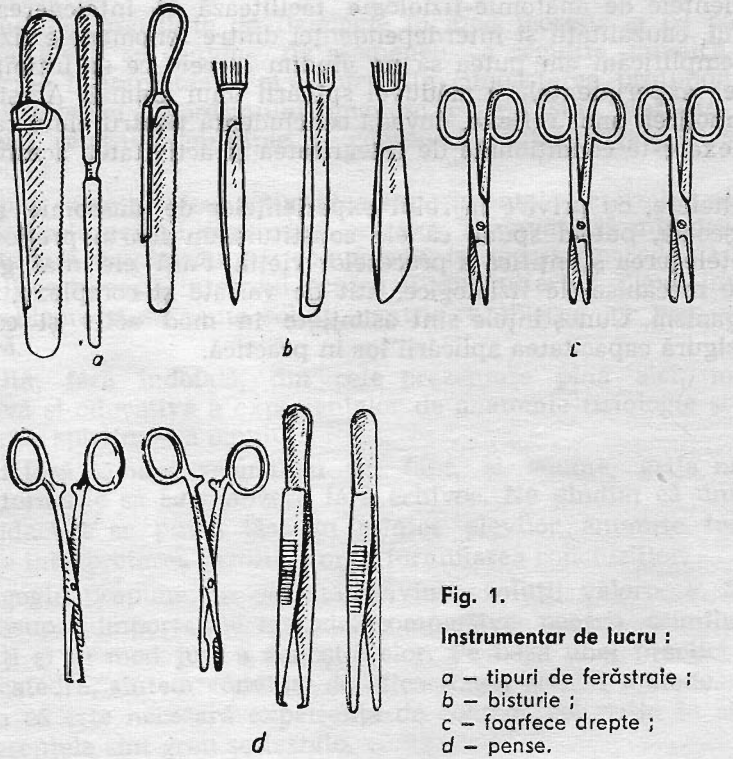


Fig. 1.

Instrumentar de lucru :

a – tipuri de ferăstraie ;
b – bisturie ;
c – foarfece drepte ;
d – pense.

hemostatice (fig. 1), ace spatulate, tăvi pentru disecție, microtoame, precum și microscoape I.O.R., etuve etc.

Pentru lucrările în care vrem să urmărim o mișcare produsă de un mușchi (striat, cardiac și neted) sînt necesare mijloace de amplificare a mișcărilor executate de aceștia, și de înregistrare. Aparatele respective pentru înregistrarea activităților musculare sînt următoarele : stativul universal I.O.R., suportul universal, tije simple, tije cu virole, miograf Marey, pîrghii înscriitoare, kimografe electrice sau cu mecanisme de ceasornic, excitatoare fixe, excitatoare mobile, electrozi impolarizabili, rezistențe electrice, cronograf, diapazon etc.

Unele din aceste aparate și utilaje, prin faptul că lipsesc în prezent din școli, pot fi substituite cu dispozitive simple improvizate, ușor de confecționat în atelierele școlare chiar de către elevi. Dintre trusele de disecție, cea mai completă este „Trusa de biologie pentru elevi-liceu", care reprezintă o noutate în dotarea laboratoarelor de biologie. Lucrările se pot efectua pe grupe de 3—4 elevi. Utilizarea aparatelor și utilajelor necesare efectuării experiențelor de anatomie și fiziologie va fi expusă cu ocazia prezentării în text a acestora.

III.

ANIMALELE DE LABORATOR ŞI CONTENŢIA LOR

Experienţele şi observaţiile de anatomie şi fiziologie se fac în mod obligatoriu pe animale şi pe organe sau ţesuturi vii. În principiu, în experienţele de fiziologie poate fi utilizat orice animal, însă în mod curent se întrebuinţează numai acelea care prezintă cele mai multe avantaje atît în privinţa procurării, cît şi a întreţinerii şi manevrării lor. Aceste animale sînt : *broaştele, cobaii, şoarecii, şobolanii, iepurii* şi *cîinii*. Pe de altă parte trebuie să se ţină seama şi de faptul că există unele variaţii specifice însemnate în privinţa reactivităţii lor faţă de diferiţi agenţi, din care cauză se impune să se aleagă întotdeauna cel mai potrivit pentru experienţa propusă.

Deoarece rezultatele experimentale depind în mare măsură de starea fiziologică şi sanitară în care se găsesc animalele, este necesar să se acorde atenţie întreţinerii lor prin respectarea condiţiilor de igienă (curăţenie, hrană, lumină, temperatură, umiditate).

În funcţie de mărimea lor, aceste animale sînt întreţinute în vase de sticlă, în cazul şoarecilor sau şobolanilor, sau în cuşti, în cazul cobailor, iepurilor şi cîinilor.

În vederea experimentării, orice animal cu care se lucrează trebuie imobilizat. Imobilizarea se face pe *cale mecanică* sau *farmacologică*.

A. IMOBILIZAREA MECANICĂ

Constă în legarea animalului de masa de lucru sau ţinerea lui de către o a doua persoană în poziţia cea mai convenabilă experimentării.

a. **Broaştele** aduse în laborator sînt întreţinute în acvariu timp îndelungat, fără să li se administreze hrană, deoarece nu o consumă în condiţii de captivitate, suportînd un regim de inaniţie pînă la 200 de zile. Întreţinerea este condiţionată de existenţa unui curent continuu de apă pe fundul acvariului. Stratul de apă trebuie să fie numai de 2—3 cm. În lipsă de apă, pielea se usucă şi în curs de 2—3 zile animalele mor. În vederea manipulării broaştelor trebuie să ţinem seama că tegumentul acestora secretă cantităţi mari de mucus şi substanţe toxice iritante ceea ce înlesneşte alunecarea broaştei din mînă. De aceea este necesar a avea o bucată de pînză de circa 20/20 cm cu ajutorul căreia broasca poate fi ţinută mai uşor (fig. 2).

Imobilizarea prin legare este folosită în experienţe la care este necesară integritatea anatomică şi fiziologică a sistemului nervos. În acest caz, broasca este legată cu benzi de pînză (tifon) de planşeta de plută pe care lucrăm sau este total împachetată în pînză umedă, rămînînd afară numai piciorul la care se lucrează, pentru a se putea face observaţiile

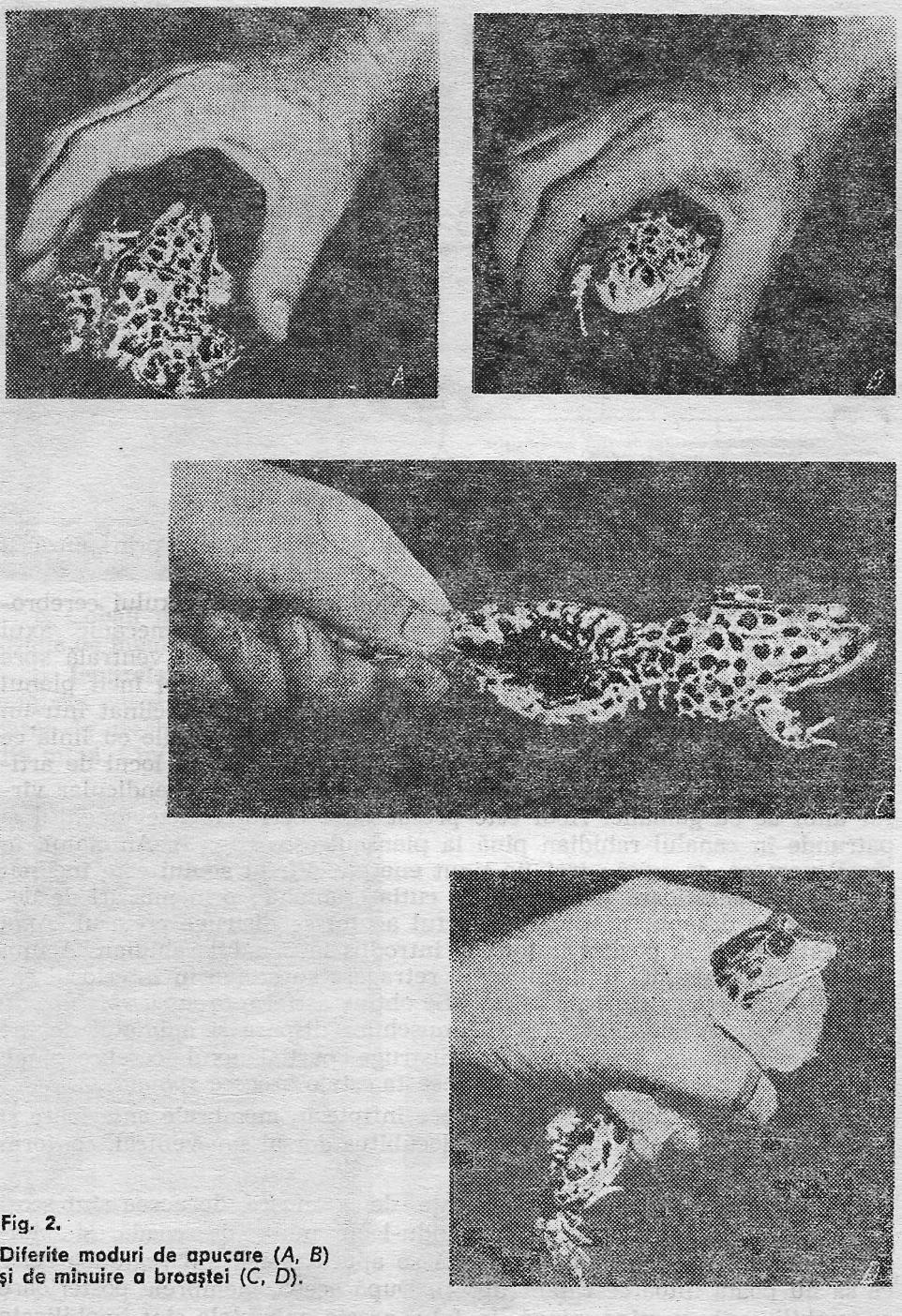


Fig. 2.

Diferite moduri de apucare (*A*, *B*) şi de mînuire a broaştei (*C*, *D*).

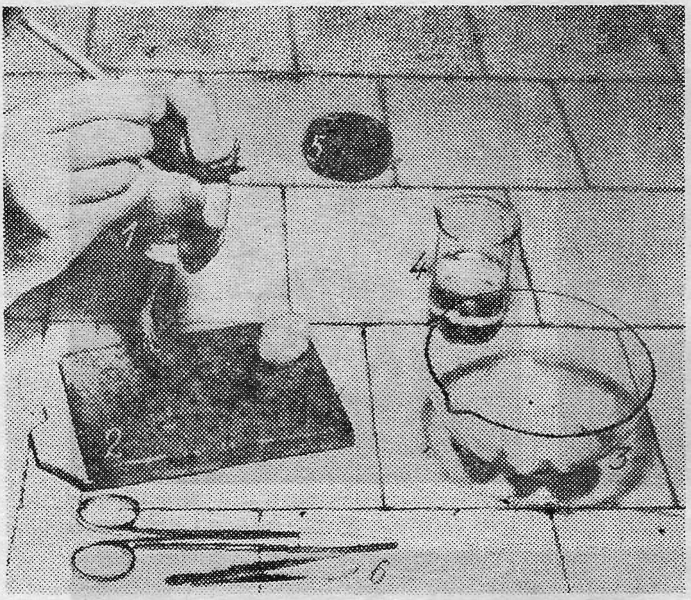


Fig. 3.

Paralizarea broaștei prin distrugerea măduvei spinării :

1 – procedeu de mînuire a broaștei ;
2 – placă de plută ;
3 – capsulă de sticlă cu tampoane de vată ;
4 – pahar Berzelius cu ser fiziologic ;
5 – cutie cu ace ;
6 – instrumente : foarfece, pensă.

necesare. Broasca este fixată prin ace cu gămălie trecute prin pînză și înfipte apoi în placa de plută.

Imobilizarea prin paralizare se face cînd integritatea axului cerebrospinal nu interesează experiența. În acest caz se distruge mecanic axul cerebrospinal. Broasca se ține în mîna stîngă cu partea ventrală spre palmă. Capul liber este aplecat cu degetul arătător, astfel încît planul sagital al craniului față de al coloanei vertebrale să fie înclinat într-un unghi de circa 45°. La punctul de întretăiere a liniei sagitale cu linia ce unește în mod imaginar baza celor două timpane, adică la locul de articulație a craniului cu coloana vertebrală, se introduce perpendicular vîrful unui ac cu gămălie. Acul este presat pînă perforează tegumentul și pătrunde în canalul rahidian pînă la planșeul osos (fig. 3). Animalul, în acest moment, se agită ; trebuie ținut energic. Vîrful acului este înclinat spre partea anterioară și introdus în cutia craniană ; prin mișcări de deplasare spre dreapta și stînga cu vîrful acului se distruge creierul. Apoi acul este retras la poziția inițială și introdus în canalul rahidian. Acului i se imprimă mișcări de înaintare și retragere succesive în interiorul canalului pentru distrugerea măduvei. Se obține astfel o *broască spinalizată*. Prin distrugerea măduvei, tonusul mușchilor dispare și animalul devine paralizat. În unele experiențe se distruge parțial axul cerebrospinal, păstrîndu-se integritatea măduvei. Aceasta este o *broască spinală*.

Animalul paralizat este fixat cu ace înfipte în membrele anterioare și posterioare pe planșeta de lucru în decubitus dorsal sau ventral, conform necesității experienței.

b. **Șoarecii și șobolanii** au tendința de a mușca, de aceea sînt scoși din vasele în care sînt ținuți, apucîndu-i cu mîna de coadă și ridicîndu-i în sus ; apoi cu mîna dreaptă se apucă pielea din regiunea cefii, ca să nu poată întoarce capul (fig. 4). După aceea, membrele posterioare se imobilizează cu mîna stîngă. În felul acesta animalele sînt imobilizate în vederea injecțiilor subcutane sau intraperitoneale.

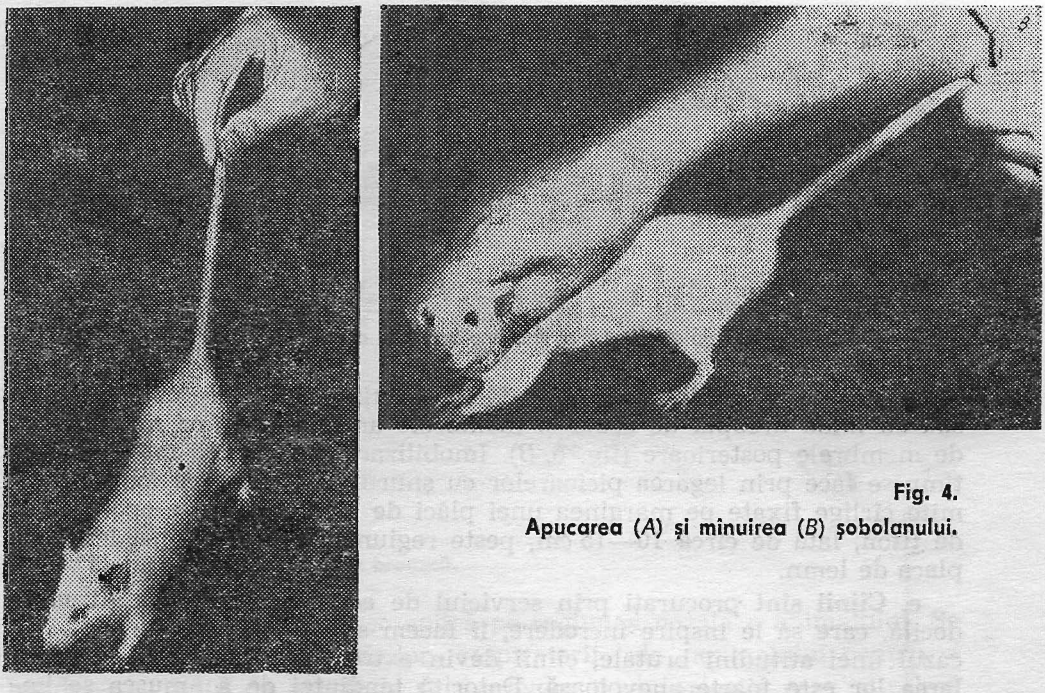


Fig. 4.
Apucarea (*A*) și mînuirea (*B*) șobolanului.

c. **Cobaii** nu prezintă pericol ; sînt luați din cușcă și ținuți cu mîna stîngă de membrele posterioare și cu cea dreaptă de ceafă.

d. **Iepurele** cînd este ținut în brațe se agită și zgîrie. De aceea este luat din cușcă, apucîndu-l de urechi și ridicîndu-l în sus (fig. 5, *A*). Apucarea de urechi este un procedeu practic și animalul nu poate să ne scape din mînă. Cînd intervenția e de scurtă durată, iepurele este ținut de către

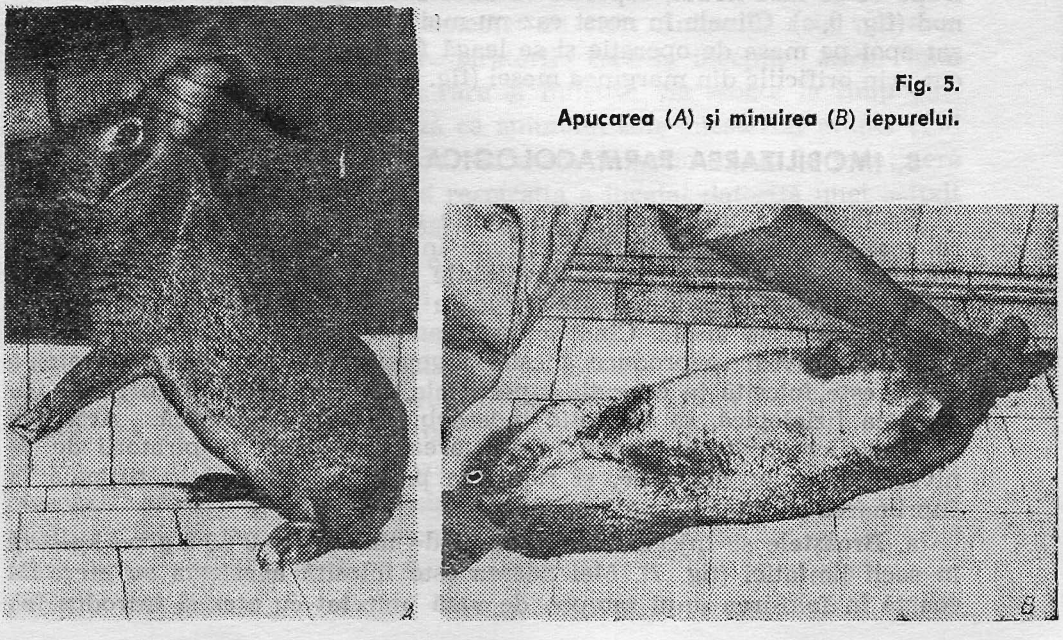


Fig. 5.
Apucarea (*A*) și mînuirea (*B*) iepurelui.

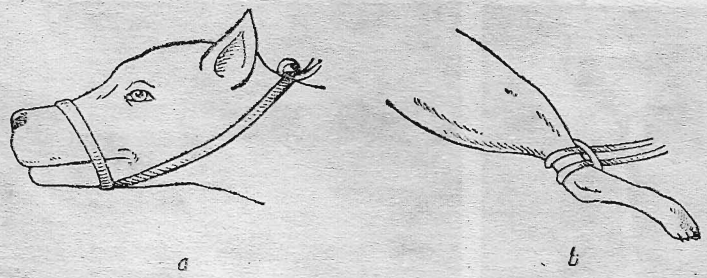


Fig. 6.
Contenția capului (*a*) și a membranelor (*b*) la cîine.

un ajutor cu mîna dreaptă de ceafă și cu stînga de cele patru membre sau cu mîna dreaptă de ceafă și membrele anterioare și cu mîna stîngă de membrele posterioare (fig. 5, *B*). Imobilizarea pe durată mai mare de timp se face prin legarea picioarelor cu șnururi și prinderea lor de anumite cîrlige fixate pe marginea unei plăci de lemn ; se trece apoi o fașă de tifon, lată de circa 10—15 cm, peste regiunea toracelui și se leagă de placa de lemn.

e. **Cîinii** sînt procurați prin serviciul de ecarisaj. Printr-o atitudine docilă, care să le inspire încredere, îi facem să nu devină agresivi. În cazul unei atitudini brutale, cîinii devin extrem de agresivi și manipularea lor este foarte anevoioasă. Datorită tendinței de a mușca se impune în primul rînd imobilizarea maxilarelor, pentru a nu putea să deschidă gura. În acest scop se utilizează botnița. În cazul cînd aceste botnițe lipsesc, legăm maxilarele cu un șnur rezistent de bumbac. Șnurul este trecut prin gura animalului înapoia caninilor, în spațiul dintre canini și molarii superiori. Capetele șnurului se încrucișează pe deasupra maxilarului superior și apoi sînt aduse și legate sub maxilarul inferior. După ce se face nodul, capetele se aduc îndărătul cefei și se face un alt nod (fig. 6, *a*). Cîinele în acest caz nu mai poate deschide gura ; este așezat apoi pe masa de operație și se leagă fiecare membru cu un șnur trecut prin orificiile din marginea mesei (fig. 6, *b*).

B. IMOBILIZAREA FARMACOLOGICĂ

Se face prin utilizarea de substanțe anestezice. Anestezia reprezintă cel mai perfect sistem de contențiune întrucît produce relaxarea musculaturii și crearea de condiții favorabile pentru operator. Cînd substanța acționează asupra terminațiilor nervoase într-o anumită regiune, se produce o anestezie locală. Cînd acțiunea anesteziculuí se exercită asupra centrilor nervoși se produce anestezia generală sau narcoza. Anestezia locală este folosită în operații superficiale, în intervenții chirurgicale. În practica fiziologică, se folosește îndeosebi anestezia generală. Acțiunea anesteziculuí constă în esență în afectarea proceselor respiratorii de la nivelul celulelor nervoase, și ridicarea pragului excitabilității pînă la suprimarea ei.

a. **Broaștele** se injectează cu soluții de uretan 1—2%, 1 g pe kg/corp în sacii limfatici (fig. 7). Mai adesea este folosită anestezia cu eter. Ea constă în folosirea unui tampon de vată umectat cu eter și introdus în-

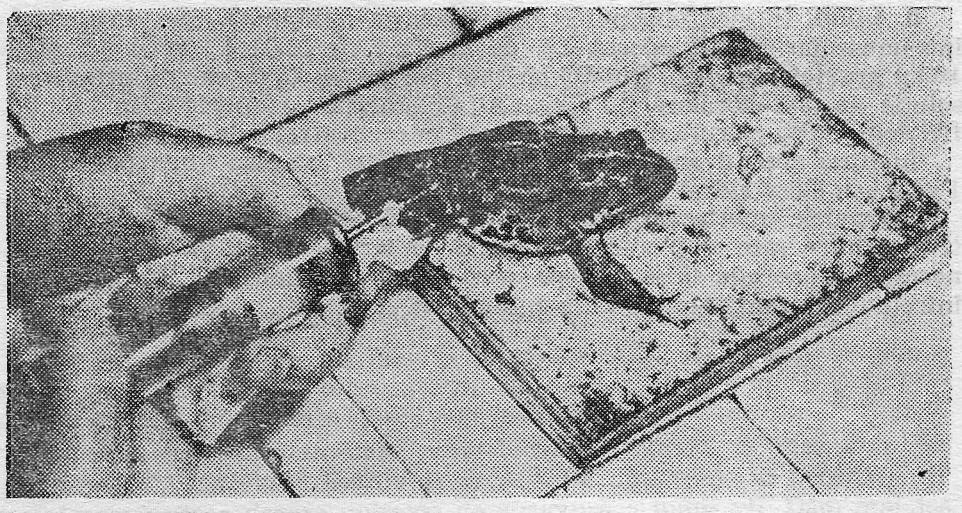


Fig. 7.

Injecție în sacii limfatici dorsali, la broască.

tr-un cornet de hîrtie care se aplică pe regiunea nazală a animalului. Se urmărește menținerea mișcărilor respiratorii ale animalului pentru a nu depăși gradul de anestezie și a provoca o intoxicație care suprimă respirația și provoacă moartea animalului. Mișcările respiratorii la broască pot fi urmărite privind deplasările planșeului bucal în cursul inspirației și expirației. Considerăm că animalul este anesteziat cînd a pierdut reflexul de redresare, adică plasat pe spate nu se întoarce în decubitus ventral ; ritmul respirator se menține.

b. **Șoarecii și șobolanii** sînt introduși sub un clopot de sticlă împreună cu un tampon de vată umectat cu eter. Animalul este supravegheat, observîndu-se mișcările respiratorii care la început devin mai frecvente, iar ulterior, sînt mai rare și liniștite. Se scoate la timp animalul de sub clopot. Se apreciază că animalul este anesteziat atunci cînd se constată abolirea reflexelor de redresare și a tonusului de menținere a posturii normale. În cazul cînd respirația a încetat datorită unei asfixii sau șocului respirator, atît la șoareci cît și la șobolani se face respirație artificială : animalul este prins de coadă și învîrtit repede în cerc.

c. **Iepurii.** Pentru intervenții complicate și de lungă durată se fac injecții intraperitoneale cu uretan 1 g/kg/corp, iar în cursul lucrului ne ajutăm de eter pe care-l administrăm cu ajutorul unui cornet de hîrtie. Tamponul de vată îmbibat în eter trebuie să fie situat la vîrful cornetului și să nu atingă mucoasa nazală, deoarece iepurii sînt foarte sensibili la eter și fac ușor șocuri respiratorii și cardiace cînd este excitată mucoasa nazală. Aceste șocuri sînt îndeobște precedate printr-un strigăt ascuțit al animalului care premerge moartea. În acest caz se îndepărtează repede eterul și se fac mișcări respiratorii artificiale apăsînd ritmic pe cutia toracică.

d. **Cîinii.** În mod obişnuit folosim narcoza combinată. Se injectează intramuscular soluţie apoasă 1% de morfină clorhidrică, 2 cm pentru 10 kg greutate animal. După jumătate de oră se injectează intravenos soluţie de alfa-cloraloză 0,1 g/kg. Alfa-cloraloza se solveşte în soluţie fiziologică (9‰ clorură de sodiu), la cald în concentraţie de 1‰.

În lipsa acestui anestezic se poate utiliza uretan intraperitoneal 1 g/kg sau cloralhidrat 0,2 g/kg corp.

Animalele anesteziate suferă unele modificări ale funcţiilor vegetative, printre care şi pierderea funcţiei de termoreglare. De aceea este necesar ca operaţia să se facă pe mese de operaţie încălzite, pentru a se întreţine constantă temperatura animalului.

IV.

INDICAŢII PRIVIND STUDIUL CELULEI ŞI AL ŢESUTURILOR

A. CELULA

1. Comparaţie între celula vegetală şi animală

Studiul celulei se poate face în laborator, prin observarea la microscop a preparatelor din colecţia şcolii sau a celor pe care elevii şi le pregătesc singuri, după indicaţiile şi sub îndrumarea profesorului.

Este necesar să se studieze paralel celula vegetală şi cea animală, pentru a se vedea asemănările şi deosebirile dintre ele şi pentru a se întări convingerea despre unitatea de structură a lumii vii. Dăm mai jos indicaţii asupra modului în care se poate desfăşura o lucrare practică de studiul comparativ al celulei vegetale şi animale.

Materiale necesare : microscop, lame, lamele, bisturiu, bulb de ceapă, albastru de metil în soluţie de 1%, infuzie de fîn, broască, ulei de cedru, glicerină, pipetă efilată (Pasteur).

Preparate proaspete din foi de ceapă

Mod de lucru ● De la un bulb de ceapă se desprinde cu lama bisturiului epiderma de la suprafaţa internă a frunzei, care se introduce într-o picătură de apă pe o lamă de sticlă şi se acoperă cu lamela evitînd formarea bulelor de aer. Excesul de apă de pe marginea lamelei se aspiră cu hîrtie de filtru sau sugativă. La microscop se disting uşor limitele celulelor şi nucleele lor. Prin colorarea preparatelor, părţile componente ale celulelor se văd mai bine. Se introduce epiderma într-un colorant care poate fi : albastru de metil, roşu de Congo, fuxină, crisoidină, hematoxilină, iod în iodură de potasiu etc. în concentraţii slabe de 1%, timp de cîteva minute. Se spală preparatul cu apă, se aşază pe lamă şi se pune deasupra lamela. Datorită coloraţiei inegale a structurilor, se pot deosebi : membrana celulozică, nucleul şi unele incluziuni intracitoplasmatice (fig. 8).

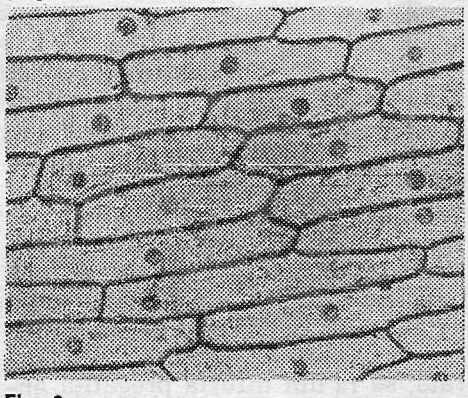


Fig. 8.
Celule vegetale din membrana superficială a unei foiţe dintr-un bulb de ceapă.

Preparate proaspete cu protozoare

Mod de lucru ● Despre celula animală, elevii pot dobîndi o reprezentare satisfăcătoare examinînd preparate microscopice cu proto-

zoare. Unele se pot obține din infuzii care se pregătesc astfel : se iau paie de orz, orez sau fîn, care provin din locuri umede ; se taie mărunt și se așază pe fundul unui vas de sticlă într-un strat de 2—3 cm. Peste ele se toarnă apă călduță. Vasul se ține descoperit și la un loc cu o temperatură de 20 °C, luminat, dar ferit de contactul direct cu razele de soare. După cîteva zile se observă că la suprafață se formează o pojghiță cu un luciu metalic, iar apa devine opalescentă. În apă se găsesc acum nenumărate protozoare al căror număr și varietate cresc pe zi ce trece, atîta timp cît infuzia oferă condiții prielnice de dezvoltare. Protozoarele se strîng sub pelicula gelatinoasă. Se ia cu o pipetă o picătură de apă din acest loc, se pune pe o lamă bine curățată, se acoperă cu lamela și se observă la microscop ; se văd mici organisme unicelulare : protozoare, alge, bacterii.

● Pentru a obține o cultură pură numai de parameci, folosim o infuzie sterilă preparată astfel : într-un balon de sticlă se fierbe fînul în apă curată, timp de 30 min. În aceste condiții sînt omorîte toate microorganismele din infuzie, cu excepția sporilor de *Bacillus subtilis* cu care se hrănesc paramecii. În cîteva zile, acest bacil se înmulțește intens, ceea ce se poate observa prin formarea la suprafața lichidului din balon a unei pojghițe gelatinoase, și astfel este asigurată hrana paramecilor. Cu o pipetă curată, se ia din infuzia pregătită anterior o cantitate mică ce conține parameci și se însămînțează noua infuzie. Se astupă balonul cu un dop de vată sterilă. În aceste condiții, paramecii se înmulțesc cu repeziciune ; acum în infuzie se găsesc numai parameci.

● Pentru observarea amibelor se iau dintr-o apă stătătoare frunze și rămurele în descompunere, apoi cu lama unui bisturiu sau a unui briceag se rade partea gelatinoasă de pe suprafața lor. Această substanță se așază pe o lamă de sticlă bine curățată se acoperă cu o lamelă curată și se observă la microscop. Se constată prezența amibelor.

● Observarea unor componenți celulari din corpul protozoarelor se face după colorarea lor cu coloranți vitali. Se întrebuințează albastru de metil în soluție de 1/500. Pe lama pe care se găsește picătura de apă cu parameci se adaugă o picătură din soluția de albastru bine curățată, se acoperă cu o lamelă

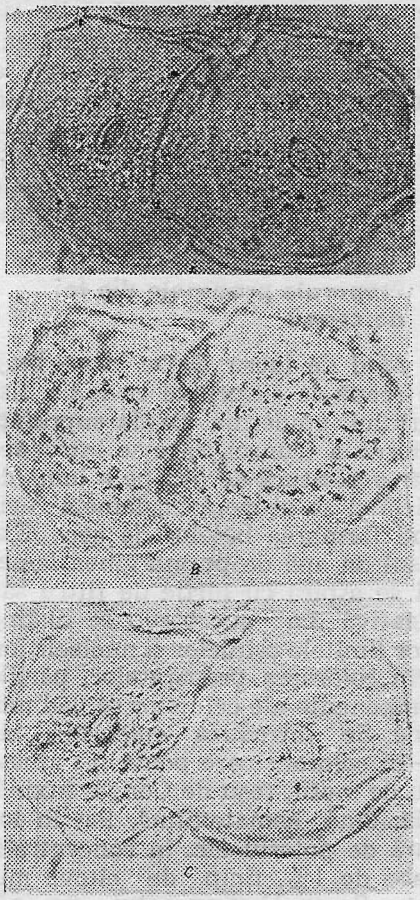


Fig. 9.
Celule descuamate din epiteliul bucal :
A – în lumină naturală ;
B – în contrast de fază ;
C – în relief.

și se lasă în repaus 30 min, avînd grijă ca preparatul să nu se usuce ; pentru aceasta se ține într-o cutie Petri, al cărei capac se căptușește cu o hîrtie sugativă îmbibată cu apă. Examinînd la microscop preparatul se observă că nucleul este colorat în albastru și se distinge ușor ; la fel și unele incluziuni citoplasmatice și chiar vacuolele pulsatile. După un timp coloraţia dispare.

Preparate proaspete cu celule descuamate din mucoasa bucală

● Se procedează în modul următor : se rade ușor cu lama unui briceag fața superioară a limbii, iar răzătura se pune pe o lamă curată, într-o picătură de soluție 1‰ albastru de metil. Aceasta se întinde într-un strat subțire cu un ac spatulat, iar deasupra se așază lamela. Preparatul astfel pregătit se privește la microscop cu un măritor puternic și se observă celulele epiteliale turtite (fig. 9). Fiecare celulă are un nucleu sferic sau ovoid, cu 1—2 nucleoli ; o citoplasmă clară cu numeroase granulaţiuni situate întotdeauna în vecinătatea nucleului și o membrană foarte fină care înconjoară celula.

Concluzii

În discuțiile de încheiere, sub conducerea profesorului și cu participarea elevilor, se vor arăta asemănările și deosebirile dintre cele două feluri de celule. În special se vor remarca dimensiunile mai mari ale celulelor vegetale, membrana lor celulozică, prezența vacuomului. Deși nu a reieșit din lucrare, se va reaminti și prezența, în celulele unor organe ale plantelor, a pigmenților asimilatori. Celulele animale sînt mai mici, membrana este formată din proteine și fosfolipide, nu posedă vacuom și nici pigmenți asimilatori, din care cauză se hrănesc numai cu substanțe organice venite din mediul pericelular, avînd deci o specializare mai înaltă. Cunoscînd planul general de organizare a celulelor din organismele celor două regnuri, elevii pot desprinde concluzia unității lumii vii.

2. Fiziologia celulei

Ca unitate fundamentală a materiei vii, celula se caracterizează printr-o intensă activitate fiziologică. Această activitate depinde de factori intrinseci și extrinseci celulari. Procesele fiziologice celulare sînt procese ale organismului întreg și metodica experienţelor pentru punerea lor în evidenţă va fi înfăţişată cu ocazia studiului diferitelor funcţii ale întregului organism. Vom enumera și aici cîteva, și anume, pe acelea care pot fi puse sub observaţie la animalele monocelulare.

a. Excitabilitatea

Este una din proprietăţile fundamentale ale materiei vii, prin care se deosebește de materia lipsită de viaţă. În organismele metazoarelor, unele celule s-au specializat în vederea recepţiei excitaţiilor din mediu, ca de pildă, celulele de la nivelul segmentului periferic al diferiţilor ana-

lizatori. Sub influența unor agenți externi sau interni se produce o modificare a potențialelor bioelectrice și ia naștere o undă ce se propagă. Celulele nervoase sînt cele mai specializate, în vederea conducerii undelor biopotențialelor electrice și declanșării reacției de răspuns.

● Este ușor să observăm acțiunea diferiților agenți (temperatura, contactul cu un corp, agenți chimici etc.) asupra organismului monocelular. Urmărind o amibă în cîmpul microscopic, elevii pot observa că dacă în deplasarea sa întîlnește un corp inert, un bob de nisip de exemplu, la contactul cu acesta pseudopodul se retrage, animalul își schimbă direcția deplasării. De asemenea, dacă asupra unei amibe se proiectează, dintr-o direcție, un fascicul de radiații calorice, acesta determină reacții de deplasare în direcția, sau opus direcției, din care vin radiațiile, după cum curentul cald este favorabil sau defavorabil animalului.

● La fel se poate observa reacția negativă, dacă la marginea lamelei care acoperă un preparat microscopic cu amibe se așază un cristal de NaCl. Parte din acesta dizolvîndu-se în apa de sub lamelă determină deplasarea amibelor către marginea opusă. Experiența dovedește că celula a recepționat variația nefavorabilă a salinității.

Experiențe identice se pot face utilizînd euglene, parameci.

La fel și în **corpul omului,** leucocitele au reacții pozitive sau negative față de diferiți agenți. Ele reacționează îndreptîndu-se către locul în care se găsesc bacterii sau se îndepărtează de locul în care se găsesc toxine.

b. Mișcarea

Unele organisme monocelulare — flagelate, ciliate — posedă diferite organite de mișcare : flageli, membrane ondulate, cili ; la altele acestea nu au o existență permanentă și un loc stabil (de exemplu, pseudopodele de la amibă). Pentru demonstrarea mișcării, iată cîteva experiențe :

Mod de lucru ● Se ia o picătură de apă din cultura cu protozoare și se pregătește un preparat microscopic în care se vor putea observa mișcările de deplasare ale acestora și organitele care le determină. Se vede că euglena se deplasează cu ajutorul flagelului care execută mișcări elicoidale continue în mediul lichid. Dacă euglenele sînt puse într-un mediu mai dens, flagelul se mișcă mai rar și se pot urmări bine mișcările lui. În acest scop se face o soluție de gelatină 3% sau o soluție apoasă de gumă arabică ori de clei de cireș. Cu ajutorul unei pipete efilate se pune în ea picătura de apă ce conține euglenele. Se va constata că mișcarea flagelului ia naștere la bază (aici se găsește corpusculul bazal care este centrul mișcării) și progresează spre vîrf, trăgînd corpul înainte.

● Paramecii se deplasează cu ajutorul cililor vibratili care sînt dispuși în șiruri și fac mișcări în valuri, asemănătoare cu cele ce se văd la suprafața unui lan bătut de vînt. Mișcările lor sînt coordonate. Ei trec repede de la o margine la alta a cîmpului microscopic. Pentru a încetini mișcările spre a le observa mai bine folosim, ca în cazul euglenei, soluția de gelatină sau gumă arabică.

În **corpul omenesc,** celule ciliate grupate în țesuturi se găsesc în epiteliul trahean și au rol în epurarea căilor respiratorii de particulele de praf pătrunse odată cu aerul inspirat. O experiență care ilustrează acest fapt va fi descrisă la capitolul despre respirație.

● La amibă se poate observa deplasarea prin tîrîre cu ajutorul pseudopodelor, care se formează şi se retrag cînd într-o parte, cînd în alta, pe suprafaţa celulei — mişcări amiboidale. Un pseudopod ia naştere într-un punct unde s-a produs o scădere a tensiunii superficiale. Anumiţi agenţi fizici şi chimici din mediu provoacă micşorarea tensiunii superficiale, într-un loc pe suprafaţa celulei. Se produce aici o evaginare, apare un pseudopod care se fixează cu capătul său pe substrat, apoi conţinutul celulei se scurge în acest pseudopod, ca şi cum corpul amibei ar fi tras către punctul de fixare. Un alt pseudopod se formează apoi în aceeaşi direcţie sau în alta şi deplasarea continuă.

Se ştie astăzi că mişcarea amiboidală se realizează nu numai prin modificarea tensiunii superficiale, dar şi cu consum de energie (din A.T.P.), ceea ce denotă şi modificări chimice.

În **corpul omenesc,** leucocitele se deplasează prin tîrîre cu ajutorul pseudopodelor. Tot în acest fel se face şi extravazarea lor prin diapedeză ; leucocitele migrează din capilare în spaţiul intercelular al ţesuturilor.

c. Hrănirea

Pentru a acoperi nevoile energetice şi plastice, organismele monoşi pluricelulare trebuie să primească din mediul ambiant substanţe chimice pe care, transformîndu-le prin procesul digestiei, le aduc în stare de a fi utilizate. Acestea sînt generatoare de energie necesară desfăşurării proceselor vitale sau au rol plastic, servind la construcţia şi reconstrucţia oganismului. Modul de hrănire se poate observa cu uşurinţă la amibă şi parameci.

● Într-un preparat microscopic cu amibe se pune praf de tuş uscat şi se acoperă cu lamela. La microscop, elevii văd cum amibele emit pseudopode, cu ajutorul cărora înglobează pulberea de tuş, şi cum aceasta se adună într-o veziculă.

● Introducînd în picătura de apă în care se găsesc amibe puţină pulbere de roşu de Congo, după puţin timp, elevii pot observa cum au fost înglobate particulele de pulbere şi cum se adună într-o veziculă internă, care apare ca o formaţie roşie în citoplasmă. După 10—15 min se observă şi schimbarea culorii din roşu în albastru. Roşu de Congo este o substanţă care are această culoare în mediu alcalin sau neutru şi care îşi schimbă culoarea în mediu acid, devenind albastră. Schimbarea culorii indică prezenţa unor substanţe acide produse în cursul digestiei, din vezicula în care a fost inclusă pulberea de colorant.

Pulberile de tuş şi colorant nu sînt particule alimentare, nu se pot digera, ele au fost folosite numai pentru a evidenţia fenomenul înglobării cu ajutorul pseudopodelor. Amiba se hrăneşte cu bacterii, alge monocelulare care se găsesc în lichidul în care trăieşte. Acestea sînt înglobate într-o veziculă digestivă, în care pătrunde un suc acid, bogat în enzime, cu ajutorul căruia particulele alimentare sînt digerate ; este o digestie intracelulară însă extraprotoplasmatică.

● În mod asemănător se poate pune în evidenţă fenomenul hrănirii şi la parameci ; se observă că particulele intră prin citostom. Privind cu măritoare puternice, elevii pot observa formarea unor vîrtejuri de apă care aduc în cavitatea peristomului microorganismele în suspensie. Prin

citostom, acestea intră în corpul celular în care se formează vezicula digestivă. Produsele nedigerate se elimină prin citoproct care se formează numai în momentul evacuării acestora, la partea posterioară a celulei.

Prin experiențele de mai sus a putut fi demonstrată hrănirea la unele organisme monocelulare libere. În **corpul metazoarelor,** nu toate celulele ajung în contact direct cu substanțele nutritive venite din mediu. Unele se specializează în vederea prelucrării fizice și chimice a hranei, constituind structuri cu rol digestiv. Aduse în stare asimilabilă, substanțele nutritive sînt absorbite în lichidele circulante, de unde trec în lichidul interstițial. Din acest lichid interstițial substanțele nutritive trec prin membrana celulelor în interiorul lor.

d. Respirația celulară

Este una din proprietățile fundamentale ale materiei vii. În intimitatea sa, acest fenomen fiziologic, foarte complex, se exprimă prin consum de O_2 și producerea de CO_2. Consumul de O_2 din mediul extern și eliminarea CO_2 din interiorul organismului pot fi demonstrate relativ ușor la nivelul celulei la animalele superioare și om, ca și la cele inferioare, unicelulare.

În general, intrarea O_2 în celulă și ieșirea CO_2 se fac prin difuziune pe toată suprafața celulei. Pentru a demonstra necesitatea de O_2 la animalele inferioare facem o experiență pe infuzori.

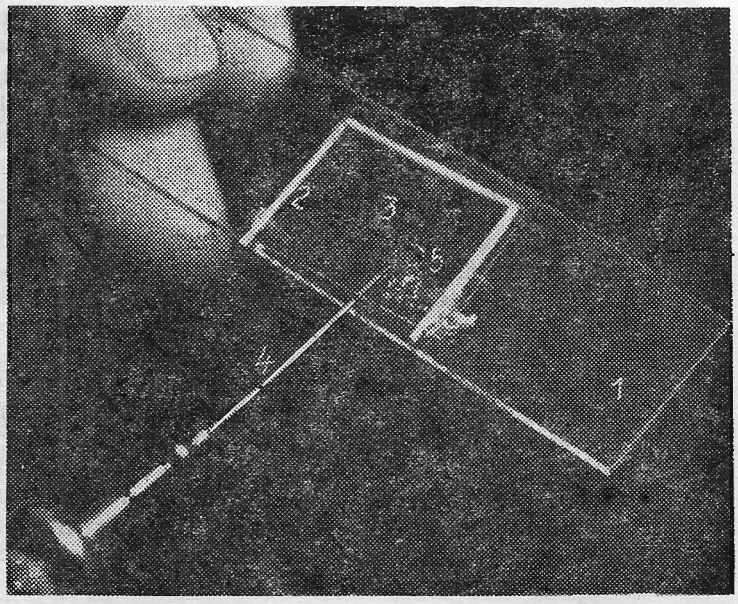
Material necesar : o infuzie proaspătă cu o populație bogată în infuzori (modul de preparare este arătat la p. 16 și 17), lame și lamele, seringă de 2 cm cu ac cît mai fin, cîteva paie subțiri uscate de graminee, microscop, ceară sau parafină și o capsulă sau ibric în care să se poată topi aceasta, pensă, sursă de căldură.

Mod de lucru ● Pe o lamă curată se pregătește o cameră pentru observații care se realizează în modul următor : cu ajutorul a trei fragmente de pai, lungi de circa 1,2—1,5 cm, impregnate cu ceară topită, se încadrează un spațiu, pe trei laturi, ale unui pătrat. Impregnarea se face în timpul cînd ceara sau parafina este în stare lichidă (fierbinte). Bucățile de pai se scot pe rînd și se aplică pe lama de sticlă uscată. Se obține astfel o cameră pătrată avînd o latură liberă (fig. 10). În cameră se introduce lichid de infuzie și se acoperă cu o lamelă, avîndu-se în vedere să nu se prindă în lichid bule de aer. Se observă la microscop și dacă există un număr mare de infuzori în preparat, acesta se poate considera satisfăcător. Se lasă liniștit circa 15 min, după care se introduc, cu ajutorul acului seringii, sub lamelă, în centrul camerei, una sau două bule de aer. Se lasă în repaus 10 min, după care se examinează din nou preparatul la microscop. Se constată că infuzorii s-au îngrămădit în jurul bulelor de aer, din necesitatea de a respira, întrucît O_2 din bulele de aer a difuzat în lichidul înconjurător bulei și este în cantitate mai mare, decît în lichidul cuprins în spațiul limitat de sub lamelă. Fenomenul se numește oxitactism pozitiv și este determinat, în fond, de posibilitatea unor schimburi respiratorii mai avantajoase decît în restul camerei.

Fig. 10.

Cameră improvizată pentru observarea la microscop a infuzorilor și a fenomenului de oxitactism :

1 – lamă de sticlă ;
2 – cadru din trei bucăți de pai ;
3 – lamelă ;
4 – acul seringii ;
5 – bule de aer.



e. Permeabilitatea

Celula este sediul unor reacții biochimice prin care se asigură energia necesară vieții celulare. Aceste reacții sînt condiționate de permeabilitatea membranei plasmatice, prin care se realizează un transfer de substanțe în ambele sensuri, de intrare și ieșire.

Permeabilitatea este un fenomen de o extremă complexitate și condiționat la rîndul său de natura chimică a substanțelor de schimb. Pentru a înțelege mecanismul fizic al acestui transfer, este necesar să reamintim cîteva noțiuni de bază.

f. Difuziunea

Este fenomenul pătrunderii unei substanțe în masa altei substanțe. Gazele pot să difuzeze prin membrana celulară, așa cum se întîmplă cu O_2 și CO_2 în procesul respirației ; pot să difuzeze soluțiile despărțite printr-o membrană separatoare. Prin difuziune are loc un transport al substanțelor din partea unde concentrația este mai mare, către partea unde concentrația este mai mică. Viteza de difuziune depinde de gradientul concentrației celor două soluții, de suprafața de difuziune etc. Redăm mai jos o experiență pentru demonstrarea fenomenului difuziunii.

Material necesar : două pahare conice, soluție saturată de bicromat de potasiu, de $CuSO_4$, pipetă efilată, apă distilată.

Mod de lucru ● În pahare se pun circa 20 cm^3 apă distilată și cu ajutorul pipetei se introduce la fundul paharului soluția saturată de bicromat de potasiu sau sulfat de cupru. Aceasta avînd densitate mai mare rămîne la fund deplasînd în sus apa distilată. Mișcînd paharul, suprafața de separare ondulează ca și cînd ar exista o

membrană separatoare între cele două lichide. După circa 6 ore la nivelul suprafeței de separare se formează un strat mai puțin colorat și care progresează spre partea superioară pînă cînd se realizează o soluție uniform colorată.

Se poate remarca diferența în timp, a vitezei de difuziune a celor două soluții saturate.

g. Osmoza

Cînd substanțele difuzează prin pereții poroși ai unei membrane separatoare are loc fenomenul de osmoză. Pentru ca substanțele să poată difuza este necesar ca diametrul moleculelor să fie, evident, mai mic decît al porilor.

Prin difuziune la nivelul membranelor se creează o forță denumită presiune osmotică, care variază în raport direct sau indirect, proporțional cu diferiți factori ; printre aceștia menționăm variația în raport direct cu concentrația și în raport indirect cu greutatea moleculară a substanțelor. Membranele, care avînd pori suficient de mari, permit trecerea concomitentă a solvenților și a substanțelor dizolvate se numesc membrane permeabile. De acest tip este membrana citoplasmatică care acoperă celula animală. Redăm mai jos două experiențe de punere în evidență a fenomenului osmozei :

Material necesar : soluție de $CuSO_4$ 10%, ferocianură de potasiu cristalizată în cristale mari, pahar de 150 ml, silicat de sodiu 5%, diferite săruri.

Mod de lucru ● Soluția de $CuSO_4$ se toarnă în pahar, pînă la 2/3 din capacitatea lui, și se introduce în lichid un cristal de ferocianură de potasiu. Cele două săruri intră în reacție și împrejurul cristalului se formează o peliculă de culoare brună, de ferocianură de cupru. Această peliculă se comportă ca o membrană semipermeabilă pe care apa poate să o străbată pentru a dizolva ferocianura de potasiu, formînd o soluție ce se concentrează în mod rapid. Volumul acesteia se mărește, ceea ce are drept urmare distensia peliculei de ferocianură de cupru care se rupe și se reface imediat prin reacția dintre cele două săruri. Precipitatul gelatinos de ferocianură de cupru formează astfel un sac care crește mereu ramificîndu-se.

● Experiența este și mai frumoasă dacă în loc de soluția de $CuSO_4$ 10% se folosește o soluție de silicat de sodiu 5%, în care se introduc cristale de diferite săruri (sulfat feros, clorură de magneziu, acetat de plumb etc.). Se obține, prin formarea silicatului corespunzător (Fe, Mg, Pb), o serie de arborizații fine, divers colorate, care seamănă cu o formație vegetală acvatică.

Fenomenul osmozei a fost demonstrat și *in vitro*. În organismul viu fenomenul este mult mai complex. Fenomenul de hemoliză ilustrează consecința difuzării soluțiilor hipotonice în eritrocit (v. p. 162).

B. ȚESUTURI ANIMALE

În dezvoltarea ontogenetică, celulele se grupează și se diferențiază din punct de vedere morfologic, căpătînd formă și structură în raport cu rolul lor fiziologic. Existența fiecărei celule este subordonată între-

gului. Aceste diferenţieri morfofuncţionale dau naştere ţesuturilor. Noţiunea de ţesut invocă pe cea de adaptare funcţională a celulelor.

După cum se ştie, în organismul unui animal superior se disting patru feluri de ţesuturi : epitelial, conjunctiv (aici sînt cuprinse şi lichidele circulante din corp : sîngele, limfa şi lichidul interstiţial), muscular, nervos. Unele din aceste categorii prezintă o mare varietate structurală.

Pentru studiul ţesuturilor ne servim de preparate microscopice. Profesorii pot îmbogăţi colecţia de preparate microscopice de histologie, cerînd sprijinul Serviciilor de anatomie patologică judeţene sau laboratoarelor din unele spitale.

1. Tehnica histologică

Pentru şcolile care dispun de posibilităţi materiale dăm cîteva indicaţii generale despre modul în care pot fi realizate preparate microscopice cu ţesuturi.

Sînt cinci operaţii care se succed în ordinea : 1) recoltarea ţesutului ; 2) fixarea ; 3) includerea ; 4) secţionarea ; 5) colorarea.

a. Recoltarea

Mod de lucru ● Recoltarea înseamnă prelevarea ţesutului din corpul animalului, curînd după moartea acestuia. Este o operaţie delicată, avînd în vedere că ţesuturile sînt fragile. Instrumentul de tăiat (bisturiul, briciul, lama) trebuie să fie foarte bine ascuţit, pentru a nu strivi piesa. Dacă ţesutul e prea moale şi nu se poate recolta fără riscul traumatizării, atunci o bucată din organul din care se va recolta ţesutul se ţine timp de 1—2 ore în soluţie de formol 15—20%, care întăreşte straturile superficiale ale piesei. Astfel poate fi detaşată porţiunea aleasă pentru studiu. Fragmentul ales trebuie să aibă cel mult 5—8 mm grosime, pentru a putea pătrunde fixatorul în el.

b. Fixarea

Mod de lucru ● Fixarea asigură conservarea piesei şi se realizează prin agenţi fizici şi chimici. Dintre agenţii fizici, cel mai utilizat este frigul. Temperatura de congelare opreşte autoliza şi dă duritatea necesară în secţionarea preparatelor microscopice.

Fixatorii chimici sînt substanţe cu o mare putere de pătrundere şi cu proprietatea de a creşte consistenţa piesei. Unul dintre aceştia este formolul care se utilizează în amestec cu apa pînă la o concentraţie de 10—20%. Alt fixator este alcoolul etilic 80%.

Fixatorii chimici precipită proteinele celulare din care cauză este îngreuiată pătrunderea fixatorului pînă în profunzimea piesei ; de aceea este necesar ca materialul de fixat să aibă grosime mică şi să nu stea pe fundul vasului cu fixator, ci să fie suspendat în lichid. De obicei se aşază pe un strat din vată de sticlă sau pe o sită de porţelan.

Fixarea se face în mod progresiv, spre regiunile profunde ale piesei. În general, sînt necesare pentru fragmente de 5—8—10 mm grosime, de la 24 la 48 de ore, în unele cazuri şi mai mult (depinde de relaţia dintre fixator şi ţesutul de fixat). Durata de fixare scade cînd piesele au dimensiuni mici. Se recomandă ca lichidul fixator să fie înlocuit de cîteva ori şi recipientul în care se găseşte fixatorul să

fie din cînd în cînd agitat, pentru ca lichidul să vină în contact cu ţesutul de fixat. După fixare, piesa este spălată în alcool de 70—80%.

Fixarea cu alcool este mai rapidă şi dacă piesele au grosimi mici, de 2—4 mm este suficient ca ele să stea în alcool 2—4 ore. Alcoolul etilic întrebuinţat ca fixator şi alcoolul cu care se spală piesa ce a fost fixată cu alt fixator (de ex. cu formol, ca mai sus) au rolul de a face deshidratarea ţesuturilor.

c. Includerea

Mod de lucru ● După ce au fost fixate, piesele sînt incluse într-o anumită substanţă care să confere o consistenţă ridicată, încît să fie secţionate în bune condiţii. Includerea pieselor fixate permite o mai bună conservare a lor şi o păstrare îndelungată. Dintre materialele de includere cel mai des utilizat este parafina. Includerea în parafină necesită o prealabilă deshidratare a piesei fixate, urmată de clarificare.

Deshidratarea este necesară pentru îndepărtarea apei din celule, întrucît apa nu este un lichid miscibil cu parafina.

Deshidratarea se face prin trecerea piesei în vase cu alcool, de concentraţii din ce în ce mai mari (60—70—80—96°). Durata menţinerii preparatului în alcool depinde de grosimea acestuia. Pentru piesele subţiri sînt necesare 6—9 ore pentru fiecare baie de alcool, de concentraţie crescîndă ; pentru piesele mai groase chiar peste 12 ore fiecare.

Deshidratarea se poate face şi cu acetonă prin trecerea piesei în două băi succesive la rece, timp de 1—2 ore, sau la cald, timp de 1/2 oră.

După deshidratare se ţin piesele în băi de benzen, toluen sau xilen, timp de 8 ore, pentru a favoriza îmbibarea ulterioară a pieselor cu parafină, operaţie numită *clarificare*. Ele devin translucide şi sînt apoi trecute succesiv prin trei băi de parafină, încălzită la 56 °C în termostat, timp de 24 ore.

De la laboratoarele de anatomie patologică judeţene se poate obţine parafină pură adecvată tehnicilor histologice.

După îmbibarea pieselor cu parafină, ele trebuie incluse în blocuri de parafină pentru care se folosesc tipare de metal sau hîrtie. Se aşază piesa în tipar şi se toarnă parafină. Prin răcire se formează un bloc care înglobează piesa. După răcire se îndepărtează parafina pînă la un strat subţire ce acoperă piesa.

d. Secţionarea

Mod de lucru ● Secţionarea se face cu instrumente foarte bine ascuţite sau cu microtomul.

Din secţiunile obţinute se aleg cele mai fine şi se aşază pe o lamă de sticlă bine spălată şi degresată. Ca să adere de lamă se unge aceasta cu o soluţie slabă de gelatină sau cu albumina Mayer (albuş de ou şi glicerină în părţi egale). În amestecul albuş de ou-glicerină se adaugă puţin formol pentru ca soluţia să se poată conserva (într-o sticlă bine astupată) vreme îndelungată. Pe lamă, stratul de albumină trebuie să fie foarte subţire. După lipire, uscarea se face în timp de 12 ore, în termostat sau la temperatura camerei.

Urmează deparafinarea şi rehidratarea secţiunilor pentru a putea fi colorate, avînd în vedere că parafina împiedică pătrunderea în interior a lichidelor ce conţin coloranţi. Deparafinarea se face prin trecerea secţiunilor ce au fost fixate pe lame, în soluţii de benzen, toluen sau xilen. Nu se ţin în soluţie decît 5—10 minute. Apoi secţiunile se trec prin trei băi de alcool de 96—80—70° în care se ţin (în

fiecare) cîte două minute. Se merge aşadar de la concentraţie mare 96° spre concentraţie mică 70°, pentru ca preparatul să se rehidrateze. La urmă, preparatul aderent pe lamă se ţine în apă curată cîteva minute.

e. Colorarea

Mod de lucru ● Dacă examinăm la microscop o secţiune necolorată, nu putem observa decît puţine elemente structurale. Pentru o mai bună observare, secţiunile trebuie colorate. Colorantul se fixează, în mod persistent, pe anumite elemente structurale celulare.

Preparatele deparafinate şi rehidratate se trec în băi în care se găsesc coloranţi specifici. Se folosesc 1, 2 sau mai mulţi coloranţi în care se trece succesiv preparatul. Fiecare dintre aceştia acţionează colorînd anumite elemente structurale. De la laboratoarele de specialitate se pot obţine coloranţi, ca : albastru de toluidină în soluţie (1 g albastru de toluidină, 2 g acid citric, 100 g apă distilată) ; hematoxilină — colorant nuclear obişnuit ce se găseşte gata preparat în comerţ ; eozină — colorant citoplasmatic etc. O coloraţie globală se obţine cu albastru de metilen 0,5%.

După ce preparatul a fost colorat, se deshidratează trecîndu-l prin băi cu alcool de concentraţii crescînde 70—80—96°.

Se face apoi clarificarea, după acelaşi procedeu ca mai sus, folosindu-se benzen, toluen sau xilen, pentru a scoate din celule alcoolul. Cînd preparatul este gata, se pun peste el 1—2 picături balsam de Canada sau ulei de cedru. Se aplică lamela şi se lasă 1—2 zile la aer, să se usuce. În lipsa balsamului de Canada şi a uleiului de cedru se poate folosi glicerina. În cazul folosirii uleiului de cedru şi al glicerinei, marginile lamelei se parafinează pentru a împiedica pătrunderea aerului. Preparatul se etichetează şi se aşază în cutii pentru a se folosi timp îndelungat.

2. Fiziologia ţesuturilor

Respiraţia tisulară

Schimbul tisular de gaze poate fi demonstrat *in vitro* utilizînd ţesut muscular. Pe baza observaţiilor culese din aceste experienţe se pot face generalizări, care să ducă la concluzia că un proces respirator analog are loc în oricare ţesut viu.

Material necesar : broaşte. instrumente de disecţie, eprubete, dopuri de plută, soluţie de albastru de metilen 1‰, ulei, baie cu apă, termometru, vas şi substanţe pentru obţinerea soluţiei Ringer-Locke, pentru animalele poichiloterme (v. prepararea la p. 28), baterie electrică de 4—6 V sau sursă de curent alternativ obţinută prin transformatorul de sonerie, electrozi metalici introduşi printr-un dop de plută.
Experienţa se poate realiza în trei variante :

Mod de lucru ● Se paralizează o broască prin distrugerea bulbului şi a măduvei spinării (v. fig. 2). Se îndepărtează tegumentul de pe membrele posterioare prin jupuire. După jupuire, instrumentele se spală pentru îndepărtarea mucusului ce conţine substanţe toxice, care ar intoxica ţesutul. Se fac două preparate neuromusculare (v. p. 53).

Se iau trei eprubete ce conţin fiecare aceeaşi cantitate de $Ba(OH)_2$

sau $Ca(OH)_2$. Una se astupă ; este eprubeta martor. În a doua eprubetă introducem un preparat suspendat, printr-un fir de aţă, de dopul ce închide eprubeta.

În a treia eprubetă se introduce celălalt preparat suspendat. Ca şi în cazul precedent, nervul acestuia este excitat prin cei doi electrozi metalici ce străbat dopul de plută. Electrozii sînt conectaţi la o sursă de curent continuu sau alternativ de intensitate mică.

După 30—35 min, elevii pot observa că în eprubeta în care se găseşte piciorul de broască în repaus, soluţia de $Ba(OH)_2$ sau $Ca(OH)_2$ s-a tulburat. În eprubeta de control, soluţia a rămas limpede. Ei desprind uşor concluzia că tulburarea soluţiei se datoreşte CO_2 care s-a degajat din procesul respiraţiei ţesutului muscular. Este important să se facă constatarea că rezultatul experienţei se vede cu întîrziere, ceea ce dovedeşte că în muşchiul aflat în repaus, schimburile gazoase se fac încet.

Prin impulsuri electrice, muşchiul din eprubeta a treia se contractă şi se obţine în scurt timp precipitatul de $CaCO_3$ sau $BaCO_3$. Elevii trag concluzia că în organele active schimbul de gaze respiratorii se face mai intens, ca urmare a unui metabolism de intensitate sporită.

● *Experienţa lui Paul Bert.* Se plasează fragmente sau triturat de muşchi de broască, proaspăt prelevat, pe suprafaţa unei site metalice cu care se acoperă o capsulă mică, conţinînd 10 cm^3 soluţie de $Ba(OH)_2$ sau $Ca(OH)_2$ 20%.

Într-un cristalizor se introduce o cantitate de apă, la o grosime de circa 10 cm, apoi se toarnă un strat subţire de ulei pentru a acoperi suprafaţa apei. Se plasează deasupra capsula şi se acoperă cu un cilindru de circa 500 cm^3. Egalizarea presiunii din interiorul cilindrului cu cea atmosferică se face cu ajutorul unui tub de cauciuc introdus cu un capăt în cilindru şi cu celălalt în exterior. Cînd lichidul din vas şi din cilindru se găsesc la acelaşi nivel, tubul de cauciuc se îndepărtează.

În timp, datorită proceselor respiratorii, prin care se produce consum de O_2 şi eliberarea de CO_2 ce este captat de $Ba(OH)_2$, presiunea aerului din cilindru scade şi, ca urmare, nivelul apei din cilindru creşte. Aceasta pune în evidenţă fenomenul respiraţiei de către ţesutul viu.

● De la o broască recent paralizată se prelevează muşchii membrelor posterioare, se introduc într-un mojar, se secţionează în bucăţi mici şi apoi se triturează cu pistilul. Masa musculară obţinută se introduce în două eprubete împreună cu soluţie Ringer-Locke. Aceasta are următoarea compoziţie : $NaCl = 6{,}5$ g ; $CaCl_2$ cristalizat $= 0{,}12$ g ; $KCl = 0{,}14$ g ; $NaHCO_3 = 0{,}20$ g ; apă distilată $= 1\,000$ cm^3. Soluţia R-L întreţine activitatea metabolică a ţesuturilor vii detaşate din organism.

Una din eprubete este introdusă într-o baie de apă la temperatura de 50°—100 °C timp de 15 min, în vederea inactivării enzimelor ce intervin în procesele respiratorii. Apoi se răceşte eprubeta la temperatura camerei.

În ambele eprubete se adaugă cîte 5 ml soluţie de NaCl 6,5‰ cu albastru de metil 1‰. Se agită şi se lasă în repaus. După 15—20 min se examinează ambele eprubete şi se constată că în eprubeta în care au fost distruse enzimele culoarea albastră se menţine ; în cealaltă eprubetă, culoarea se reduce ca intensitate pînă la decolorarea totală la fundul eprubetei (planşa I). În aceasta, albastrul de metil este transformat într-un leucoderivat, din cauză că a suferit un proces de

reducere în lipsa O_2, care a fost consumat de țesut. Dacă eprubeta se agită, pentru a se realiza din nou contactul cu aerul, culoarea albastră reapare, oxigenul fiind absorbit din aer. Decolorarea se poate urmări în continuare după un alt interval de timp și experiența se poate repeta atît timp cît țesutul este încă viu.

Concluzii

Experiențele au dovedit că țesutul viu respiră (consumînd O_2 și eliberînd CO_2). Schimburile respiratorii sînt mai intense în timpul activității, ca urmare a intensificării arderilor. Respirația este un fenomen neîntrerupt realizat pe cale enzimatică. Respirația celulară pune în evidență un schimb aparent de gaze respiratorii, rezultat din consumul de O_2 și degajarea de CO_2. De fapt au loc reacții biochimice care se desfășoară sub acțiunea unor catalizatori specifici foarte puternici – enzimele celulare – asupra substanțelor energetice din celulă. Aceste enzime cu rol în procesul de respirație intracelulară pe care însăși celula le elaborează sînt :

– *dehidrogenazele*, care determină scindarea moleculelor de H_2 din substrat ;

– *oxidazele* care activează O_2 pentru a fixa H_2 rezultat din procesele de dehidrogenare și astfel O_2 devine acceptor de H_2, formînd H_2O metabolică ;

– *carboxilazele*, care scindează grupul CO_2 din acizii organici rezultați după dehidrogenare.

Datorită acestor enzime degradarea substanțelor energetice se desfășoară în organismul viu în mod treptat pînă la CO_2 și H_2O, eliberînd totodată energia calorică inclusă în substrat. Astfel se asigură condiții de temperatură corporală compatibilă cu viața.

Respirația și, respectiv viața celulară, este dependentă de capacitatea celulelor de a elabora enzimele specifice proceselor biochimice proprii, precum și de aportul de O_2 și substratul energetic necesar.

V.
LUCRĂRI ÎN LEGĂTURĂ CU FUNCŢIILE DE RELAŢIE

A. SCHELETUL

1. Tipuri de oase

Majoritatea şcolilor posedă schelet omenesc sau piese osoase detaşate. Acolo unde nu se găseşte însă acest fel de material demonstrativ se poate recurge la prezentarea tipurilor principale de oase pe schelete de la alte mamifere, atrăgîndu-se atenţia asupra asemănărilor şi a deosebirilor. În special se va atrage atenţia elevilor asupra : 1) dezvoltării mai mari a neurocraniului în comparaţie cu splanchnocraniul, reducerea prognatismului şi ca urmare, deschiderea pînă la aproape 90° a unghiului facial ; 2) apariţiei curburilor fiziologice ale coloanei vertebrale şi a curburilor din talpa piciorului ca urmare a staţiunii verticale (bipede) ; 3) toracelui turtit dorsoventral ; 4) membrelor superioare care s-au eliberat din funcţia de sprijin şi de locomoţie şi servesc în procesul muncii, avînd degetul mare opozabil şi o mai mare mobilitate a articulaţiilor, mai ales în porţiunea terminală ; 5) lipsei osului coracoid ca os independent al centurii scapulare ; 6) dezvoltării mai mari a oaselor bazinului la om, tot ca urmare a staţiunii bipede.

2. Metode de preparare a scheletului

Schelete întregi şi mai ales piese osoase detaşate de la diferite animale se pot prepara în orice şcoală. În acest scop se pot utiliza cu succes mai multe procedee, dintre care notăm aici următoarele :

a. Procedeul macerării

Mod de lucru ● După sacrificarea animalului se jupoaie pielea, se îndepărtează toate organele interne şi se curăţă bine scheletul de masa musculară. Oasele curăţate se pun într-un vas inoxidabil (de sticlă, porţelan, vase smălţuite de zinc) şi se aşază afară într-un loc ferit, astfel încît mirosul produs în cursul macerării să nu incomodeze. Se umple vasul cu apă şi se lasă mai multe zile. Se controlează din cînd în cînd spre a înlocui apa evaporată. În acest timp, materialul este invadat de o bogată floră bacteriană de putrefacţie, care se dezvoltă şi persistă pînă la totala distrugere a substanţelor organice din ţesuturile aderente oaselor, precum şi a substanţelor organice din interiorul lor. Oasele mari se perforează din loc în loc cu un burghiu încît să poată fi distrusă cu uşurinţă şi măduva. E bine să facem aceasta în anotimpul cald cînd macerarea se desfăşoară mai repede.

După vreo două luni se scoate materialul de la macerare, se spală bine şi se expune apoi la soare şi la intemperii într-un loc adecvat (de pildă pe un acoperiş de casă).

După alte cîteva luni se aduce în laborator, se spală și se montează pe suport.

b. Procedeul curățirii prin furnici

Mod de lucru ● Operațiile se succed ca în procesul de mai sus, dar în loc ca piesele să fie lăsate la macerat se depun lîngă un mușuroi de furnici în care se abandonează pentru mai multe săptămîni. Oasele curățate de toate țesuturile aderente de către furnici sînt spălate și dezinfectate cu benzină și apă oxigenată. Se țin în benzină 2—3 zile pentru degresare și în apă oxigenată 5—10% cîteva zile, pentru albire. Pentru albire se mai folosește $CaCl_2$ (2 pachete la 10 l apă) în soluție, în care se țin 10—15 ore, după care pot fi montate pentru alcătuirea scheletului.

Procedeele prezentate mai sus sînt simple și eficiente. Singurul dezavantaj este durata lungă de timp în care se pot realiza. Avînd în vedere că oasele se conservă timp indefinit și deci nu este necesar să se prepare în mod periodic, acest dezavantaj este practic neglijabil. Odată preparate, ele pot fi folosite la numeroase serii de elevi.

c. Procedeul curățirii manuale

Mod de lucru ● Se pregătesc piesele ca și la celelalte procedee, dar, în loc să fie puse la macerat sau în furnicar, ele se fierb bine cu apă și sodă. După cîteva ore se spală și se îndepărtează cu instrumente de disecție ultimele rămășițe de țesături adiacente. Se spală acum cu benzină și, în sfîrșit, cu apă oxigenată. Procedeul este rapid, dar laborios și uneori inaplicabil, dacă este vorba de piese mari (de schelete de mamifere mari).

Un studiu comparativ al oaselor, ca și al tuturor structurilor anatomice și al proceselor fiziologice, este binevenit pentru instruirea elevilor în privința poziției omului în natură. Spre a înlesni munca profesorilor în această direcție dăm aici cîteva figuri concludente (fig. 11, 12, 13, 14, 15). Este bine să se compare cu cele din manual și cu piesele anatomice naturale.

Concluzii

Omologarea oaselor din întregul schelet și mai ales a oaselor membrelor de la scheletul omului și al mamiferelor este concludentă pentru ilustrarea ideii de evoluție și a principiului corelației dintre structură și funcție.

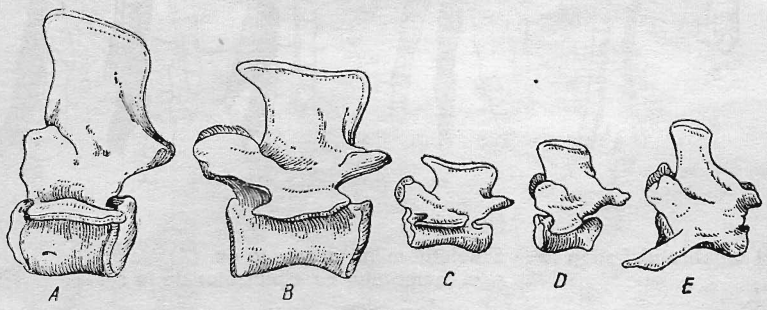


Fig. 11

Vertebre de tip lombar la :
A – cal ; *B* – bou ; *C* – oaie ; *D* – porc ; *E* – cîine.

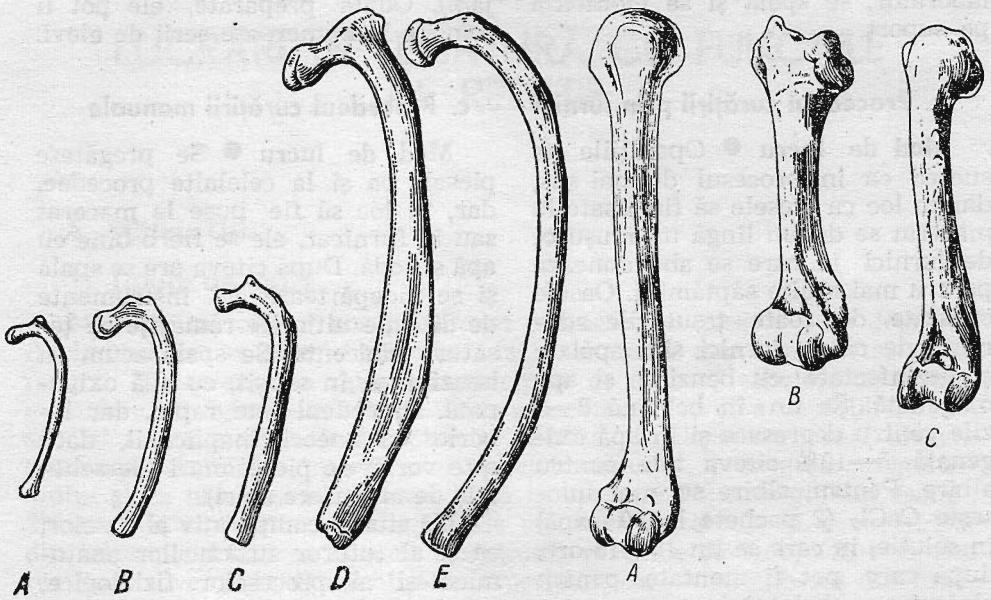


Fig. 12.

Coaste stîngi de :

A – cîine ;
B – porc ;
C – oaie ;
D – bou ;
E – cal.

Fig. 13.

Humerus stîng de :

A – om ;
B – porc ;
C – cîine.

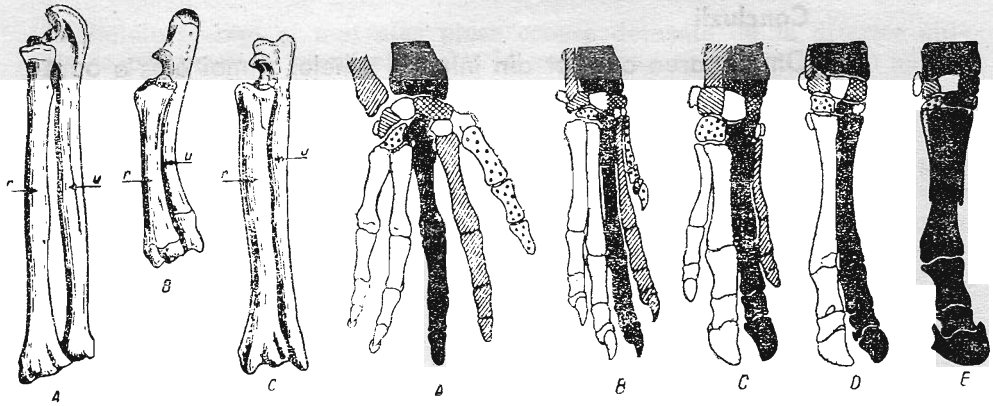


Fig. 14.

Scheletul antebrațului stîng la :

A – om ;
B – porc ;
C – cîine ;
r – radius ;
u – ulna.

Fig. 15.

Scheletul mîinii drepte la om (*A*) și al membrului corespunzător de la :

B – cîine ;
C – porc ;
D – bou ;
E – cal.

3. Structura macroscopică a oaselor

Material necesar : oase de mamifer luate de la abator, din menaj sau de la animale sacrificate în laborator, instrumente de disecție, ferăstrău mic de mînă (eventual de traforaj), tavă de disecție, sursă de căldură, mojar sau piuliță, sodă caustică.

Mod de lucru ● Se curăță oasele cu ajutorul instrumentelor de disecție pînă cînd se ajunge la periost. Se examinează acesta, se analizează epifizele cu cartilajele articulare, ligamentele, se analizează aspectele morfologice ale diferitelor tipuri de oase. Se secționează longitudinal și transversal părțile cele mai importante ale fiecărui tip de os, lung, lat, scurt. Se examinează corpul osului lung cu măduva lui (albă și roșie), materia osoasă compactă din diafiză, spongioasă din epifize și fibroasă din tabliile de la suprafața unui os lat sau scurt. Se discută despre orientarea lamelelor osoase din epifize și despre modul în care această orientare este determinată de forțele mecanice ce acționează asupra osului, despre structura oaselor în raport cu rolul pe care-l au de îndeplinit. După aceasta se îndepărtează măduva, se spală bine corpul osului cu apă și se șterge cu o cîrpă curată, pentru a vedea lumenul canalului medular din diafiză.

● Pe un os lung secționat longitudinal și fiert timp de 1/2 oră în apă cu NaOH (pentru ca să se distrugă țesuturile moi și măduva roșie din epifize) se observă cu lupa foarte clar textura spongioasă a epifizelor (fig. 16). Încercînd rezistența la presiune, folosind o lamă metalică, se constată că osul compact din diafiză este mult mai dur decît osul spongios din epifize.

Concluzie

Oasele sînt piese dure, solide, a căror constituție corespunde rolului de susținere, apărare, locomoție.

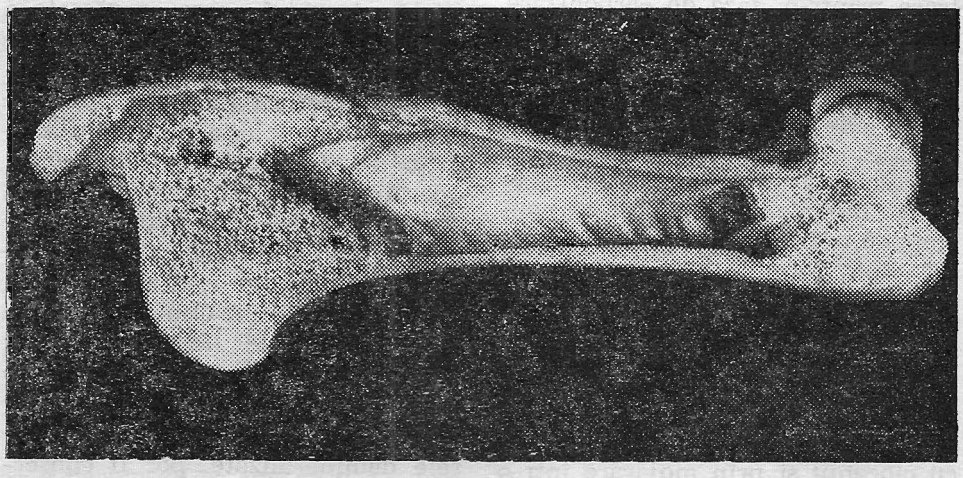


Fig. 16.
Secțiune longitudinală prin humerus de porc.

4. Compoziția chimică a osului

Prin analize chimice au fost determinate calitativ și cantitativ diferitele substanțe minerale și organice care intră în compoziția osului, atît în starea normală cît și în cazul unor tulburări patologice ce afectează acest sistem. Substanțele minerale dau duritate osului, iar unele dintre cele organice din elasticitatea acestuia.

Pentru punerea în evidență a componenților minerali și organici se pot face mai multe experiențe.

Material necesar: fragmente de oase degresate de mamifer sau de pasăre, capsulă de calcinat, mojar cu pistil sau piuliță, sodă caustică, benzină, soluție de HCl 5—15%, eprubetă cu dop perforat, prin care trece un tub de sticlă lung de 10 cm cu diametrul de 0,5 cm, un pahar, apă de var, făină de os calcinat, lame de sticlă, microscop, acid azotic 5%, molibdat de amoniu 1%, sursă de căldură.

a. Evidențierea substanțelor organice din os

Mod de lucru ● Se ține în flacără o bucată de os și se constată că o parte din materia sa constitutivă arde, degajînd un fum și un miros caracteristic. Totodată se desprind și cad picături de grăsime. Materia care arde reprezintă susbtanța organică a osului — oseina. Prelungind această ardere într-o flacără puternică sau punînd osul pe jeratic încins se ajunge să se distrugă întreaga materie organică. În cursul acestui proces se trece printr-o fază de carbonizare, cînd, prin coloratia negricioasă caracteristică, se poate recunoaște modul cum este distribuită substanța organică.

Dacă se cîntărește osul înainte de calcinare și după ce toată substanța organică a fost arsă se constată că osul a pierdut 1/3 din greutatea lui, ceea ce înseamnă că 2/3 din greutatea osului o constituie substanțele minerale și 1/3 substanțele organice.

Osul calcinat își păstrează forma, însă devine extrem de fragil. Poate fi spart ușor dacă este lovit cu ciocanul și prin mojarare într-o piuliță poate fi transformat în pulbere.

● Pentru a demonstra gradul de elasticitate conferit osului de substanța organică fundamentală — oseina — se procedează în felul următor : se ia un os subțire de pasăre, de miel sau de iepure, se curăță bine și se fierbe timp de 1—2 ore în apă în care se adaugă sodă caustică. Prin acest procedeu se îndepărtează substanțele grase. Degresarea se poate obține și prin extracție cu benzină, în care osul se ține mai multe ore.

După degresare se spală bine piesa și se introduce într-un vas de sticlă adecvat în care se găsește o soluție de HCl în concentrație de 10—15%. Se lasă în contact cu aceasta timp de 12 ore, după care se reînoiește soluția de acid clorhidric. După alte 12 ore se repetă operația. Astfel, în timp de 36—48 ore de la începerea experienței se dizolvă în acid toate substanțele minerale din os, rămînînd numai substanța organică. Osul își conservă forma, dar este foarte flexibil ; poate fi comprimat, îndoit și nu se rupe ; dacă este un os lung se poate chiar înnoda, ca în figura 17. Oasele demineralizate pot fi conservate ca și oricare piesă anatomică, în formol 5%. Ele pot fi cu ușu-

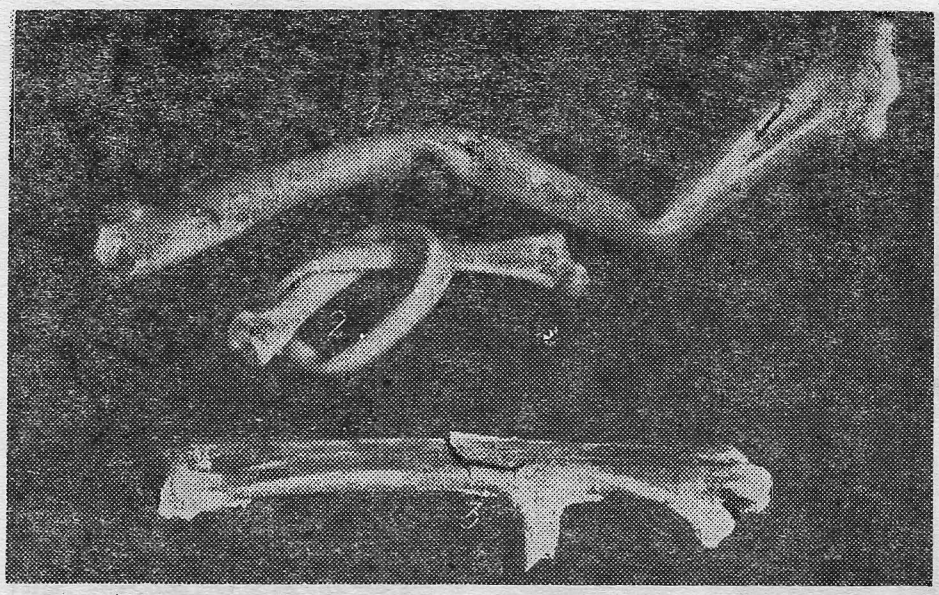


Fig. 17.
Femur de pui de găină :
1 și 2 demineralizat ; 3 — calcinat.

rință tăiate și disociate, iar dacă se introduc într-o flacără ele ard complet.

b. Evidențierea substanțelor minerale din os

Mod de lucru ● *Evidențierea carbonatului.* Se pregătește o eprubetă cu dop perforat prin care trece un tub de sticlă recurbat, ce se prelungește la capătul care rămîne în afară cu un tub de cauciuc sau de material plastic. În această eprubetă se introduc fragmente uscate și mojarate dintr-un os degresat. Într-o altă eprubetă se introduce $Ca(OH)_2$.

Peste pulberea de os se toarnă aproximativ 5 ml HCl 15%, se pune repede dopul și capătul liber al tubului de cauciuc se introduce în apa de var (fig. 18). Sub acțiunea HCl, în eprubetă se dezvoltă bule de CO_2, care barbotînd în apa de var o tulbură, deoarece se formează carbonat de calciu.

● *Evidențierea calciului.* Un vîrf de cuțit de pulbere de os se pune într-o eprubetă cu puțin HCl 15% pentru dizolvarea sărurilor minerale. Se filtrează. La filtrat se adaugă o cantitate potrivită de H_2SO_4 15%. Se amestecă și se lasă cîteva minute în repaus. După aceasta se ia cu o pipetă efilată de sticlă puțin lichid din fundul eprubetei. Se așază pe o lamă de sticlă, se acoperă cu lamela și se examinează la microscop. Se observă cristale de sulfat de calciu (aciculare, prismatice, macle în formă de fier de lance). Evaporîndu-se soluția la aer se mai formează numeroase alte cristale caracteristice (fig. 19). S-a demonstrat astfel prezența calciului. În oase, acesta se găsește sub formă de carbonat de calciu, fosfat tricalcic, fluorură de calciu etc.

● *Evidențierea fosfatului* se face astfel : se demineralizează un os cu acid azotic 5%. Soluția obținută se filtrează și filtratul se tra-

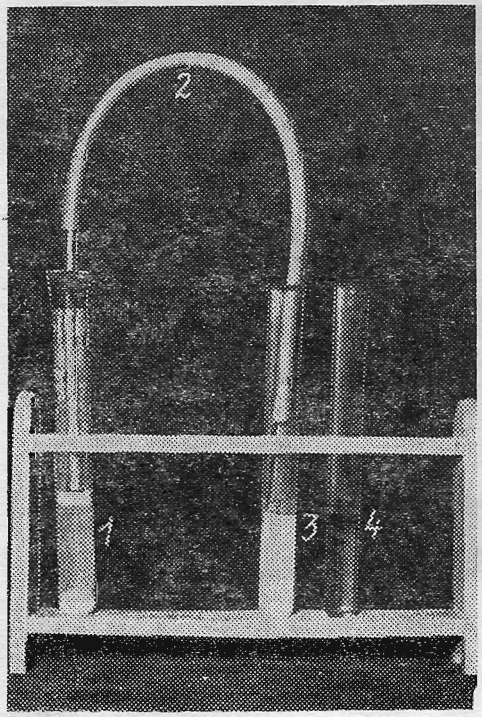


Fig. 18.

Evidențierea carbonatului din os :

1 – eprubetă cu pulbere de os tratată cu HCl 15%;

2 – tub de cauciuc pentru conducerea CO_2 degajat;

3 – eprubetă cu apă de var în care s-a format $CaCO_3$;

4 – eprubetă martor cu apă de var fără $CaCO_3$.

teză cu o soluție de molibdat de amoniu. Se obține colorarea soluției în galben și, prin încălzire ușoară, își face apariția un precipitat de aceeași culoare. Este fosfatul de amoniu care demonstrează existența unui fosfat — fosfatul tricalcic — hidratat din compoziția minerală a osului.

Fig. 19.

Cristale de $CaSO_4$.

Adăugăm, că printre substanțele minerale din os se mai găsesc și săruri de magneziu. Datorită tuturor acestor săruri minerale, osul are duritatea sa specifică, iar rezistența la tracțiune este determinată de fibrele ce intră în constituția lamelor osoase, orientate în raport cu direcția acțiunii forțelor mecanice, a marilor solicitări.

Concluzii

Osul este alcătuit din substanțe organice – oseina (substanță proteică) și grăsimi – și din substanțe anorganice, reprezentate prin carbonat de calciu, fosfat tricalcic hidratat, fluorură de calciu și unele săruri de magneziu. Componentele chimice se pot separa prin calcinare și prin demineralizare cu acizi anorganici slabi. Experimentele menționate au pus în evidență prezența ionilor de : carbonat, fosfat, Ca^{++}, Mg^{++}.

5. Structura microscopică a osului

Material necesar : oase late și foarte subțiri, de exemplu o carenă sternală de la o pasăre, lame, lamele, alcool, polizor cu piatră foarte fină, lame de ras sau bisturiu foarte bine ascuțit, foarfece.

Mod de lucru. Există posibilitatea de a obține în orice școală preparate pentru observarea la microscop a structurii osului.

● În acest scop se pot utiliza cu succes bucăți mici, cu suprafețe de aproximativ 1 cm^2 dintr-o carenă de pui de găină. Se taie cu foarfecele porțiunea translucidă, care este și cea mai subțire din carenă și se curăță cu bisturiul sau cu lama țesutul conjunctiv adiacent și periostul. Apoi, cu bisturiul sau cu lama, se rade (fig. 20) pînă cînd osul devine atît de transparent încît se poate citi prin el un text așezat dedesubt. Pentru a realiza o subțiere mai grabnică se umezește piesa cu o picătură de apă. La sfîrșit se spală preparatul cu apă și alcool, apoi se așază pe lamă în cîteva picături de apă, se acoperă cu lamela și se examinează la microscop.

● O metodă pentru obținerea unei secțiuni prin diafiza unui os lung este următoarea : se taie cu ferăstrăul o porțiune mică din diafiză și, după ce se curăță bine de măduvă, periost, se degresează prin ținere în alcool, eter, benzen sau toluen. Fragmentul de diafiză se polizează cu răbdare pe o piatră fină pînă se obține o foiță osoasă transparentă ; aceasta se așază pe lamă, în cîteva picături de apă și se acoperă cu lamela.

Examinate la microscop, în ambele secțiuni se pot vedea canalele Hawers și osteoplastele dispuse în rînduri concentrice în jurul canalelor, precum și unele canalicule comunicante dintre osteoplaste. Os-

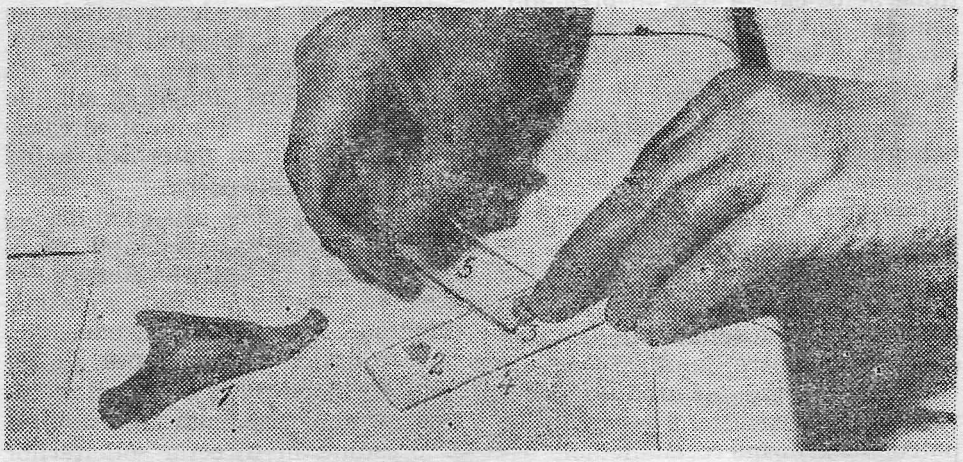


Fig. 20.

Prepararea unui os pentru observarea la microscop :

1 – carenă de pui de găină din care se decupează porțiunea centrală ;
2 – o porțiune decupată ;
3 – procedeul de rodare pentru subțiere ;
4 – lamă de sticlă suport ;
5 – lamă cu care se rodează.

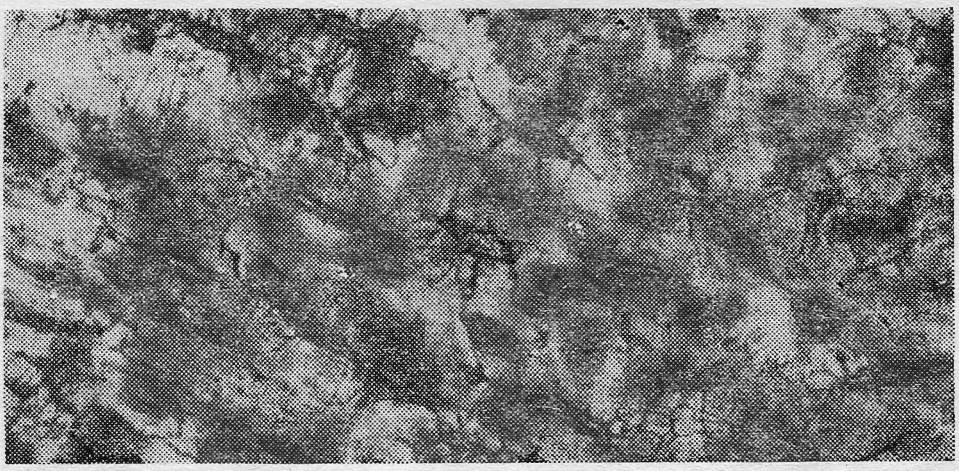


Fig. 21.

Aspectul microscopic al unui preparat de os.

Se văd osteoplastele celulelor osoase cu prelungirile și anastomozele lor, precum și modul cum sînt orientate în țesutul osos.

teocitele nu se văd ; ele au fost distruse prin autoliză, dar osteoplastele reproduc fidel forma osteocitelor (fig. 21). Pentru a se vedea osteocitele trebuie să se realizeze o secțiune foarte subțire într-o porțiune de os care a fost, în prealabil, complet demineralizat. Secțiunea se execută și se colorează după procedeul indicat la pagina 26—27.

● Observarea la microscop a osteoplastelor se poate face și într-un fragment subțire de opercul de la un pește mic, care se pune între lamă și lamelă cu o picătură de apă.

● Fragmentele foarte subțiri de os pot fi incluzionate în balsam de Canada între lamă și lamelă. Balsamul de Canada trebuie să fie suficient de consistent pentru a nu pătrunde prin microcanaliculele osteoplastelor. Pentru aceasta, după spălare cu apă, apoi benzină, piesele sînt lăsate cîteva zile să se usuce, după care se așază pe lamă în balsam. La aplicarea lamelei trebuie să se evite formarea bulelor de aer.

● Pentru a examina structura epifizelor se procedează astfel : se ia un os lung și, folosind ferăstrăul, se secționează epifiza și o parte din diafiză în sens longitudinal. Se curăță de țesăturile moi și se calcinează la o flacără puternică, avînd grijă să nu se spargă.

Cu ochiul liber sau cu lupa se observă dispoziția substanței minerale rămase în epifiză. Aceasta se prezintă formată din trabecule orientate în evantai și întretăiate în corpul epifizei. Orientarea determină formarea unei structuri adaptate pentru rezistență la tracțiune și presiune în direcția solicitărilor mecanice.

Concluzii

Osul compact are structura canaliculară a osului hawersian. S-au putut observa sistemele Hawers formate din lame concentrice, în care sînt incluse osteoplastele și structura osului spongios cu trabeculele osoase orientate în direcția forțelor de presiune.

6. Articulațiile

Se numesc articulații structurile anatomice care reunesc două sau mai multe oase. Pentru observarea articulațiilor fixe (sinartrozele) se întrebuințează craniile, pentru cele semimobile (amfiartrozele), porțiuni din coloana vertebrală, iar pentru cele mobile (diartrozele) membrele (fig. 22 și 23).

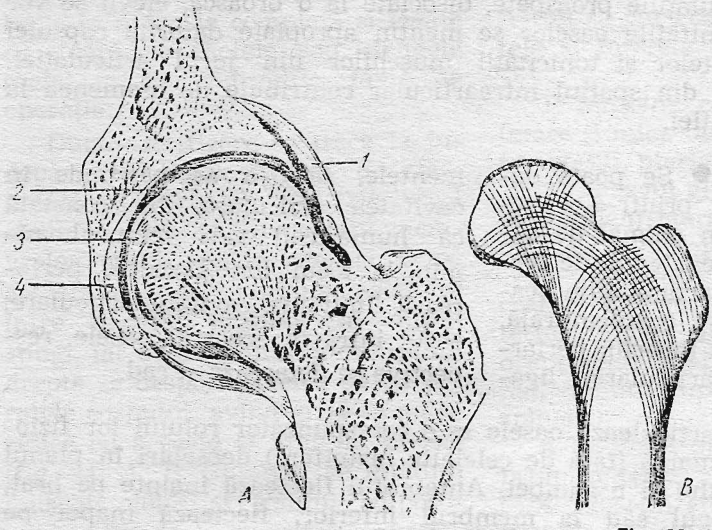


Fig. 22.

***A.* Secțiune prin articulația șoldului :**

1 – ligament capsular ;
2 – spațiul capsulei sinoviale ;
3 – ligamentul capului femural ;
4 – ghem de grăsime.

***B.* Schemă arătînd dispoziția principalelor lamele trabeculare ale extremității proximale a femurului.**

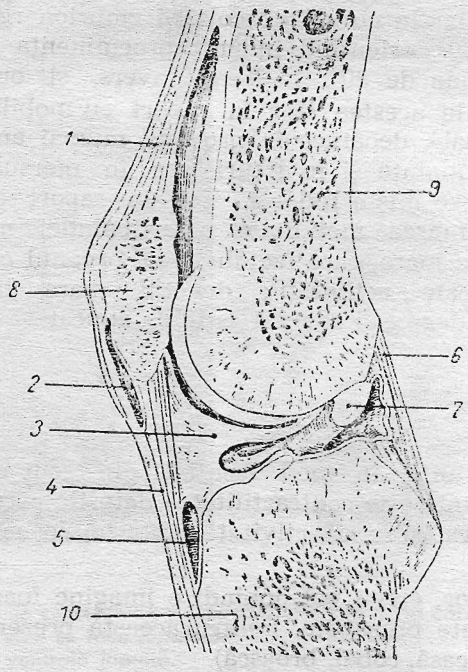


Fig. 23.

Secțiune sagitală prin articulația genunchiului :

1 – bursa suprarotuliană ;
2 – bursa prerotuliană ;
3 – ghem de grăsime ;
4 – ligamentul rotulian ;
5 – bursa subrotuliană profundă ;
6 – ligamentul capsular ;
7 – ligamentul încrucișat anterior ;
8 – rotula ;
9 – femur ;
10 – tibia.

Pentru prepararea acestor piese se procedează ca şi pentru schelet, în cazul craniului mergînd cu operaţia pînă la deplina curăţare a oaselor, asigurînd astfel o perfectă evidenţiere a suturilor dinţate şi suturilor solzoase. Pentru articulaţiile mobile se face disecţia ligamentelor şi a capsulei articulare. Este bine să se prezinte articulaţii cu şi fără menisc sau disc intraarticular. (De exemplu, cu menisc — articulaţia genunchiului, cu disc intraarticular — articulaţia temporo-mandibulară).

Observînd articulaţiile proaspete, disociate la o broască, elevii se vor convinge că extremităţile oaselor se menţin apropiate datorită capsulei articulare, ligamentelor şi tonicităţii muşchilor din jurul articulaţiei. Presiunea negativă din spaţiul intraarticular contribuie de asemenea la menţinerea articulaţiei.

Mod de lucru ● Se poate demonstra acest fapt printr-o experienţă simplă : la un animal de curînd sacrificat se degajează, de formaţiile adiacente, articulaţiile scapulohumerală sau coxofemurală. Apoi se secţionează muşchii periarticulari, capsula articulară, ligamentele, fără a se pătrunde în cavitatea articulară. Se constată că humerusul sau femurul rămîn la locul lor. Dacă se perforează limitanta cavităţii articulare, aerul intră în aceasta, oasele respective se detaşează şi cad.

Modul cum se articulează oasele este corespunzător rolului lor fiziologic. La **om** se remarcă (faţă de celelalte mamifere) deosebiri în planul de mişcare a braţului şi a gambei. Antebraţul flectează înainte pe braţ, iar gamba, omologul său la membrul inferior, flectează înapoi pe coapsă, deci invers faţă de celelalte mamifere. Explicaţia care se dă este următoarea : la embrionul uman unghiul cotului şi al genunchiului sînt plasate, ambele în afară, ca la şopîrlă, unde planul de flexiune este transversal pe axa corpului, dar în cursul dezvoltării embrionare, humerusul suferă o torsiune de 90°, orientînd îndărăt proeminenţa cotului ; femurul suferă aceeaşi torsiune de 90°, în sens invers, şi orientează genunchiul înainte. Modificările acestea sînt în raport cu mobilitatea în deplasare şi activitatea manuală, deoarece în procesul muncii antebraţul şi mîna trebuie să se mişte înainte şi în lături, iar în mersul biped, gamba şi piciorul trebuie să se mişte îndărăt. Tot în raport cu rolul fiziologic sînt de remarcat marea mobilitate a articulaţiei mîinii şi extrema mobilitate a degetului mare, care fac din mînă organul celor mai variate, complexe, şi delicate activităţi ; degetul mare la mînă este opozabil faţă de celelalte degete şi adaptat astfel la apucat.

B. MUŞCHII

Muşchii sînt organe alcătuite, în mod esenţial, din ţesut muscular a cărui proprietate fundamentală este contractilitatea datorită căreia muşchiul are capacitatea de a desfăşura o activitate motorie, ce se traduce în lucru mecanic.

Despre alcătuirea muşchilor, elevii pot dobîndi o imagine foarte clară dacă li se înfăţişează preparate proaspete. Pentru aceasta prezentăm disecţia unui animal (iepure de casă, cobai, broască).

1. Observarea mușchilor somatici la iepure

Material necesar : un iepure de casă, instrumente și tavă pentru disecție, anestezice (cloroform, eter), lame, lamele, microscop.

Mod de lucru ● Se sacrifică animalul prelungind narcoza. Iepurele se așază culcat pe spate, cu membrele în extensie completă și legate cu sfoară de inelele sau cîrligele mesei, ori de marginile tăvii de operație.

După sacrificare se trece la îndepărtarea tegumentului. Se efectuează cu foarfecele o incizie lungă mediană, și apoi, în dreptul membrelor, cîte o incizie laterală. După aceasta se apucă marginea secțiunii între degetul arătător al mîinii stîngi, iar cu degetul mare al mîinii drepte se desparte pielea de pe peretele corpului, avînd grijă să nu se ridice cu aceasta și mușchii pieloși (fig. 24, *A*, *B*, *C*). Apoi se înlătură mușchii pieloși și țesutul adiposo-conjunctiv de la suprafața mușchilor scheletici. Fiecare mușchi poate fi disociat cu ajutorul unui vîrf bont, foarfece, pensă anatomică. Astfel se pot vedea dispoziția, limitele și formele acestora (fig. 25 și 26).

1. Mușchii capului : zigomatici (mare și mic), buccinatori, maseteri, temporali, pterigoidieni.

2. Mușchii gîtului : sternocleidomastoidieni, sternohioidieni, ai mandibulei, stilohioidieni, scaleni.

3. Mușchii trunchiului : intercostali, marele pectoral, dințat anterior, oblic abdominal (extern), drept abdominal, transvers abdominal, dințat, trapez, marele dorsal, spinali.

4. Mușchii umărului și ai membrului anterior : deltoid, biceps, triceps. Mușchii antebrațului sînt mai greu de identificat.

Fig. 24.

A. **Modul de contențiune a iepurelui și liniile după care se fac inciziile tegumentare.**
B. **Modul cum se face jupuirea.**
C. **Partea ventrală jupuită.**

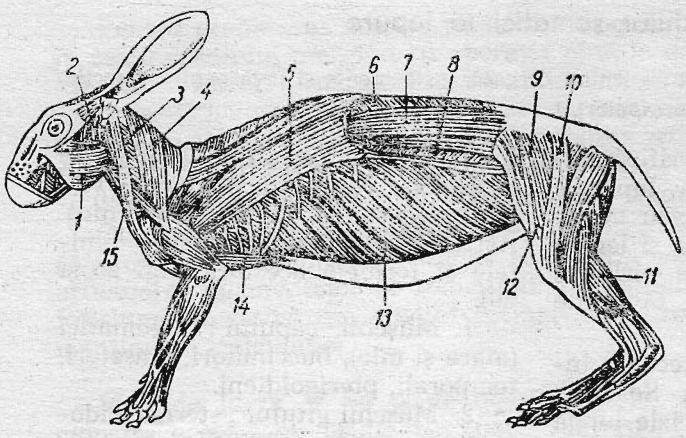
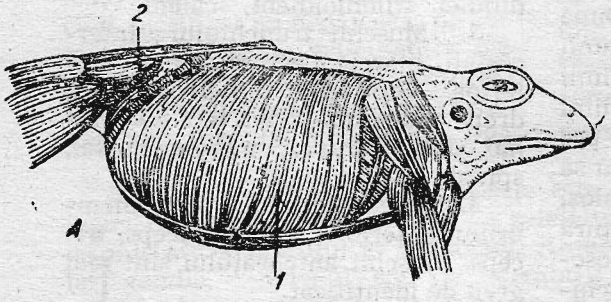


Fig. 25.

Mușchi de pe părțile laterale ale corpului iepurelui :

1 – maseterul ;
2 – temporalul ;
3 – scalenul ;
4 – trapezul ;
5 – latisimus dorsal ;
6 – spinalul ;
7 – lungul dorsal ;
8 – ileocostalii ;
9 – gluteul mare ;
10 – bicepsul femural ;
11 – gastrocnemianul ;
12 – cvadricepsul ;
13 – oblicul abdominal extern ;
14 – pectoralul ;
15 – sternomastoidianul.



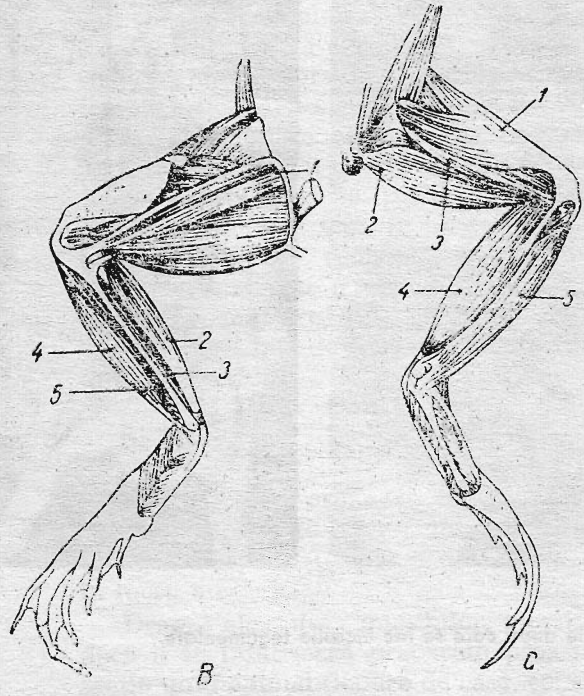


Fig. 25.

Mușchi de broască :

A. **Mușchii peretelui lateral :**
1 – oblicul extern ;
2 – cutaneul abdominal.

B. **Mușchii membrului posterior drept (partea ventrală) :**
1 – sartoriul ;
2 – gastrocnemianul ;
3 – tibialul posterior ;
4 – tibialul anterior lung ;
5 – tibialul anterior scurt.

C. **Mușchii membrului posterior drept (partea dorsală) :**
1 – marele gluteu ;
2 – semimembranosul ;
3 – iliofibularul ;
4 – lungul plantar ;
5 – peronearul.

5. Mușchii membrului posterior : croitor, marele fesier, fascia lata, vastul extern, biceps femural, semitendinos, gemeni, peronieri.

Cu ocazia disecției se atrage atenția elevilor asupra formei, modului de inserție și a rolului fiziologic al mușchilor.

2. Observarea mușchilor somatici la broască

Mod de lucru ● Se paralizează broasca și apoi i se îndepărtează tegumentul, rămînînd astfel vizibilă musculatura corpului. Se examinează mușchii diferitelor părți ale corpului, în special cei ai abdomenului și ai membrelor. Se identifică cei mai importanți mușchi după figura 26 (*A, B, C*). Spre a obține o identificare mai precisă a mușchilor este bine ca broasca să fie introdusă, după jupuire, într-o baie de sublimat 1% și să fie lăsată în aceasta mai multe ore. Mușchii sînt acum mai precis conturați, cu dezavantajul că li se alterează culoarea naturală și sînt acum mai greu de disociat.

3. Structura macroscopică a mușchilor striați

În timpul observării musculaturii corporale se pot deosebi următoarele grupe de mușchi : lungi, lați, scurți, orbiculari (circulari). Ca și în cazul oaselor, forma este adaptată rolului fiziologic pe care-l îndeplinesc.

Analizînd un mușchi elevii vor distinge părțile componente :

1 — corpul (pîntecele), masa bogată în fibre musculare, care este partea contractilă ;

2 — tendoanele, formațiuni inextensibile, albe-sidefii, alcătuite din țesut conjunctiv fibros, care la mușchii lungi au formă de cordoane, iar la mușchii lați au formă de lame și se numesc aponevroze. Cu aceste formațiuni mușchii se prind de piesele scheletice sau de aponevrozele altor mușchi ori de piele ;

3 — inserția, reprezentată de fapt prin două puncte : inserția fixă sau originea situată pe o piesă imobilă și inserția mobilă care în timpul contracției se apropie de cea fixă. Dintre diferitele forme de mușchi, orbicularii nu se inseră pe piese scheletice, ci înconjură orificii pe care le închid în timpul contracției ;

4 — bursele seroase, cavități închise, alcătuite din membrane de țesut conjunctiv ce conțin lichid sinoval și înconjură tendonul în apropierea inserțiilor, asigurînd alunecarea tendoanelor pe suprafețele osoase dure.

Mod de lucru ● Detașînd un mușchi lung, de pildă bicepsul, și examinîndu-l, elevii observă o teacă lamelară conjunctivă *(perimisium extern)* ce învăluie corpul mușchiului. Pe o secțiune transversală se vede că din acesta pornesc în interior septuri conjunctive, formate mai ales din fibre elastice *(perimisium intern)* care compartimentează masa musculară. În compartimente se observă cu lupa grupe de fibre musculare, iar cu microscopul în jurul fiecărei fibre o teacă conjunctivă subțire *(endomisium)*. Ob-

servarea aceasta arată bogăția țesutului conjunctiv din interiorul mușchiului. Prin acest țesut conjunctiv străbat vase de sînge, care asigură funcțiile de nutriție ale mușchilor, fibre nervoase senzitive și motorii care sînt ramificate în toată masa organului.

4. Structura microscopică a mușchilor striați

Material necesar: o broască, instrumente de disecție, lamă, lamele, microscop, ace de disecție, coloranți (soluție alcoolică de carmin 1%, soluție apoasă de albastru de metilen 5%), glicerină, măduvă de soc, brici, gheață, sare.

Mod de lucru ● Se paralizează o broască și se fixează pe o planșetă. Se îndepărtează tegumentul de pe un picior și se izolează gastrocnemianul sau tricepsul femural. De pe partea internă a mușchiului (care este mai sărac în fibre conjunctive) se taie o fîșie longitudinală. Fîșia de mușchi decupată se așază transversal pe o lamă de sticlă, astfel încît la o extremitate să poată fi fixată pe un suport (planșetă, bloc de parafină, dop de plută etc.). Preparatul se umezește cu ser fiziologic, apoi se face disocierea fibrelor cu ajutorul unor ace fine. Se merge cu vîrful unui ac mai întîi în lungul fibrelor și după aceasta, cu două ace, se încearcă îndepărtarea fibrelor unele de altele. Cu răbdare și cu abilitate se poate disocia astfel un număr mare de fibre musculare.

Se îndepărtează de pe lamă porțiunea de mușchi care nu a fost disociată îndeajuns păstrînd numai fibrele disociate. De pe acestea se tamponează apa și se pune apoi glicerină, după care se acoperă cu lamela. Preparatul obținut se examinează la microscop. Se disting bine fibrele musculare și striațiunile transversale ale acestora.

Pentru observarea mai bună a striațiunilor și nucleilor este necesar să se coloreze în prealabil preparatul. După disocierea fibrelor se aplică pe lamă 2—3 picături de soluție alcoolică de carmin (1%) și se lasă în repaus 1—2 ore sub un pahar spre a împiedica evaporarea colorantului. La sfîrșit se spală cu apă, se tamponează cu hîrtie de filtru, se acoperă cu glicerină și apoi cu lamela. Se examinează la microscop. În lumină potrivită elevii pot observa destul de clar fibrele musculare și striațiunile transversale (fig. 27). Utilizînd o colorare cu albastru de metilen 5%, se pot observa și nucleii fibrelor în număr foarte mare pentru fiecare fibră nu numai striațiunile ca în cazul precedent. Procedeul de colorare este același ca mai sus. Astfel de preparate au existență scurtă căci se degradează în timp.

● Pentru realizarea unor secțiuni transversale în mușchi este

Fig. 27.

Fibră musculară striată, văzută la microscop.

necesară congelarea mușchiului. Se procedează astfel : o fîșie de mușchi prelevată din gastrocnemian este introdusă în mediu de refrigerare (congelator sau amestec de gheață cu sare) la —4 °C. După congelare, fîșia de mușchi se introduce în despicătura unei porțiuni de măduvă de soc și se fac secțiuni subțiri cu un brici bine ascuțit. Secțiunile se pun repede pe lamă, se colorează cu albastru de metil și se acoperă cu lamela. La microscop se pot observa diametrele fibrelor mușchiului și extremitățile miofibrilelor secționate și care în interiorul celulei sînt grupate în colonetele lui Leydig.

Concluzii

Fibrele striate sînt proprii mușchilor scheletici. Ele au o dublă striațiune : longitudinală, care este dată de gruparea miofibrilelor în colonetele lui Leydig din interiorul fibrei musculare, și transversală, rezultată din alternanța discurilor clare (izotrope) cu discurile opace (anizotrope).

5. Structura macroscopică a mușchilor netezi

Cu excepția inimii și a porțiunii inițiale a esofagului, toate organele interne care manifestă fenomene de mișcare posedă o musculatură alcătuită din fibre netede. O asemenea musculatură este deosebit de bine dezvoltată în pereții organelor digestive, în special în pereții stomacului. Macroscopic această musculatură poate fi studiată în mod satisfăcător disecînd un stomac proaspăt de porc.

Material necesar : stomac proaspăt de porc, instrumente și tavă pentru disecție, ace cu gămălie.

Mod de lucru ● Se procură un stomac de porc și, înainte de a începe disecția musculaturii, se procedează la îndepărtarea aderențelor de pe suprafața externă a organului. După aceasta se golește de conținut și se spală interiorul său cu un curent de apă. Se așază în tava de disecție si apoi, cu un foarfece, se face o secțiune în lungul micii curburi, de la orificiul cardiac pînă la orificiul piloric. Se observă partea internă a stomacului care este căptușită cu o mucoasă caracteristică. Se spală bine și se tamponează cu hîrtie de filtru ori sugativă.

Pentru punerea în evidență a păturii musculare se disociază submucoasa formată din țesut conjunctiv lax și astfel mucoasa se separă ușor de mușchi.

Se încearcă disocierea fibrelor musculare netede cu ace de disecție și se constată că operația este anevoioasă și rezultatele sînt nesatisfăcătoare. Faptul se explică prin aceea că musculatura netedă este foarte bogată în fibre conjunctive și elastice, al căror ansamblu constituie nu numai un mijloc de legătură pentru elementele musculare, ci îndeplinesc și rolul unui schelet deformabil, deci excelent adaptat rolului fiziologic specific acestui organ.

Concluzii

Mușchii netezi formează pături care delimitează cavități ale organelor viscerale ; sînt de culoare mai deschisă ; nu au tendoane, sînt inervați numai de fibre vegetative.

6. Structura microscopică a mușchilor netezi

Se poate obține un preparat microscopic de mușchi neted în condiții de laborator școlar, utilizînd vezica urinară de broască, deoarece este foarte subțire și pot să fie observate celulele musculare netede la microscop.

Material necesar : o broască, instrumente de disecție, lame, lamele, soluție alcoolică de carmin, glicerină (eventual ulei de cedru sau balsam de Canada).

Mod de lucru ● Se paralizează broasca prin distrugerea bulbului și a măduvei spinării. Se fixează, pe spate, în vasul de disecție sau pe o planșetă. Se face o incizie în peretele abdominal și se îndepărtează acesta ; în partea caudală a cavității corporale se distinge foarte ușor vezica urinară. Se apucă polul rostral (anterior) al vezicii urinare cu pensa și se ridică puțin, apoi se decupează cu foarfecele o fîșie din peretele organului. Fișia se depune pe o lamă de sticlă curată și cu ace spatulate se întinde cît mai bine pe suprafața lamei. Apoi excesul de lichid se tamponează cu hîrtie de filtru și se lasă preparatul să se zvînte încet ceea ce-l face să adere de lamă.

Pentru observare se tratează preparatul cu o picătură de glicerină care îl clarifică. Imagini bune se obțin prin colorare cu o soluție alcoolică de carmin. Se aplică 2—3 picături de colorant pe preparat și se lasă în contact timp de aproximativ 30 minute, sub un pahar, ca să nu se usuce. După aceasta se spală colorantul cu puțină apă, se tamponează cu hîrtie de filtru și se lasă la uscat. Se pune peste preparat o picătură de ulei de cedru sau glicerină și se acoperă cu lamela ; se examinează la microscop. Acum imaginea este clară și se distinge dispoziția în pături diferit orientate a fibrelor musculare, precum și țesătura de fibre conjunctive care le întretaie (fig. 28).

Fibra musculară netedă este o celulă fuziformă ce nu depășește, în general, 1/10 mm lungime, spre deosebire de fibra striată, care în mușchii omului poate atinge 3—5 și uneori 10—12 cm lungime. Are un singur nucleu alungit de formă ovală situat central. Ca și fibra striată, conține în sarcoplasmă miofibrile dispuse paralel cu axul longitudinal al fibrei și prin intercalarea sarcoplasmei printre miofibrile capătă un slab aspect striat, dar numai în sens longitudinal. Miofibrilele sînt alcătuite din material omogen așa că nu există o striațiune transversală.

Ansamblurile de fibre musculare netede sînt foarte bine solidarizate între ele prin țesutul conjunctiv abundent. Fibrele musculare se

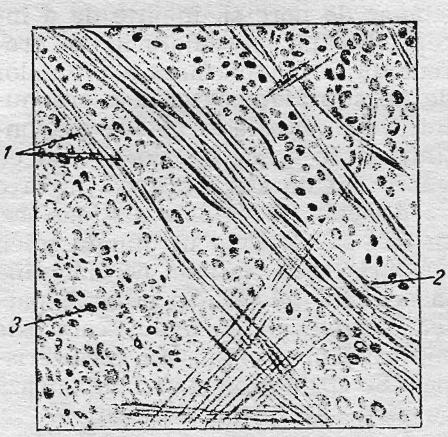


Fig. 28

Aspectul microscopic al unui preparat dintr-o porțiune de vezică urinară de broască :

1 – fascicule de fibre musculare netede ;
2 – nucleu ;
3 – țesut fundamental fibroconjunctiv.

grupează în pături care sînt orientate în sensul transversal și longitudinal, asigurînd astfel contracția pereților vezicii urinare.

În țesutul muscular neted vascularizația sanguină este mai puțin abundentă. Ramificațiile nervoase sînt reprezentate numai prin fibre vegetative, amielinice, și nu mai fac plăci motoare, ci se termină butonat la suprafața fibrelor musculare.

Concluzii

Trebuie să fie subliniate următoarele deosebiri față de fibrele striate : fibrele musculare netede sînt celule uninucleate, fuziforme și de dimensiuni mai mici, lipsite de striații cu o vascularizație mai puțin abundentă și cu o inervație vegetativă.

7. Fiziologia mușchilor

Mușchii prezintă următoarele proprietăți caracteristice : extensibilitatea și elasticitatea ; excitabilitatea ; contractilitatea.

a. Extensibilitatea și elasticitatea musculară

Mușchii sînt organe extensibile și elastice.

Sînt implicate aici cele două proprietăți pe care le prezentăm împreună deoarece una decurge din cealaltă : extensibilitatea, care înseamnă capacitatea de alungire sub acțiunea unei forțe de tracțiune, și elasticitatea, care este proprietatea de revenire la lungimea inițială atunci cînd forța de tracțiune încetează.

Pentru analiza acestor proprietăți se pot face mai multe experiențe :

Material necesar : o broască, instrumente de disecție, stativ metalic sau din lemn, greutăți diferite (de 10—50—100—200—500 g), riglă gradată, hîrtie albă, planșetă de lemn fixată vertical.

Mod de lucru ● Se paralizează o broască și apoi se izolează un mușchi gastrocnemian. Pe tendonul lui Ahile se aplică două legături dintre care cea distală se prelungește cu un lat prevăzut din loc în loc cu ochiuri de care se pot atîrna greutăți. Firul de sfoară care se prelungește în latul cu ochiuri trebuie să fie suficient de rezistent pentru a suporta greutăți ce pot ajunge pînă la 500 g. Se mai aplică o legătură și la tendonul opus. Capetele firelor de sfoară se unesc într-un ochi prin care se suspendă mușchiul de o tijă ce este așezată perpendicular pe suport.

Între cele două legături de pe tendonul lui Ahile se introduce un ac cu gămălie orientat perpendicular pe axul tendonului ; acest ac va deveni un indicator al poziției extremității inferioare a mușchiului. În fața vîrfului acului indicator se așază vertical o riglă gradată pentru a putea aprecia în mm, gradul de alungire și scurtare a mușchiului (fig. 29).

De primul ochi al latului se atîrnă o greutate permanentă de 10 g. Poziția de repaus a acului indicator este cea la care a ajuns după suspendarea acestei greutăți de fond.

Greutățile de probă se agață cîte una de fiecare din ochiurile latului. În cursul experimentării, acestea se țin în palma stîngă și se dă drumul

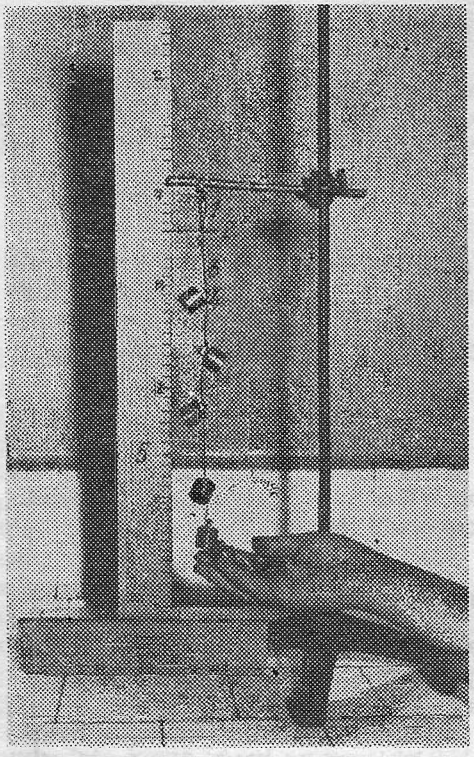


Fig. 29.

Instalație simplă pentru demonstrarea elasticității musculare :

1 — mușchi gastrocnemian de broască ;
2 — ac introdus în tendonul mușchiului ;
3 — fir rezistent cu care sînt legate mai multe greutăți (*4*) ;
5 — linie gradată.

cîte uneia pe rînd pentru a executa tracțiunea asupra mușchiului, susținîndu-le din nou în plamă cînd se suprimă acțiunea lor pentru ca mușchiul să se scurteze. Se dă drumul din palmă, de exemplu, primei greutăți din cele adăugate sub greutatea de fond. Să spunem că această greutate măsoară 100 g. Sub acțiunea ei se observă că mușchiul s-a alungit și acul indică pe rigla alăturată un anumit număr de milimetri, care reprezintă alungirea mușchiului determinată de cele 100 g. Susținînd din nou în palmă greutatea de 100 g am suprimat forța de tracțiune asupra mușchiului și se constată că vîrful acului revine la poziția inițială (de repaus). Se repetă experiența cu aceeași greutate, pentru verificare ; efectul este identic ; se notează numărul de milimetri după alungirea mușchiului.

Se dă drumul apoi din palmă, încă unei greutăți de 100 g. Asupra mușchiului acționează acum o forță egală cu 200 g. Se notează numărul de milimetri care indică alungirea mușchiului corespunzătoare celor 200 g forță. Ca și în cazul precedent, suprimînd forța de tracțiune asupra mușchiului acul indicator revine. În același mod se experimentează cu celelalte greutăți care se mai află așezate la rînd pe ochiurile lațului. Se constată de fiecare dată o nouă alungire, dar se observă că alungirea mușchiului este proporțional mai mare pentru primele greutăți față de ultimele cînd alungirea este din ce în ce mai mică. Reprezentînd fenomenul grafic și notînd pe ordonată alungirile mușchiului în milimetri, iar pe abscisă greutățile în sute de grame se obține curba elasticității mușchiului. Se trage concluzia că mușchiul are o elasticitate perfectă, dar care nu este o funcție lineară (ca în cazul unui arc de oțel), ci se înscrie într-o curbă de forma unui braț de hiperbolă.

● Elasticitatea musculară poate fi demonstrată și astfel : se montează un preparat gastrocnemian ca pentru înregistrarea contracțiilor musculare. Pe brațul lung al pîrghiei se aplică greutăți de 10 sau 20 g din ce în ce mai departe de ax sau se pune un taler, pe care se adaugă succesiv greutăți, mărind astfel valoarea tracțiunii asupra mușchiului. Se înscrie efectul pe hîrtia (fig. 30) fixată pe o suprafață plană verticală căreia i se imprimă o deplasare după aplicarea fiecărei greutăți. În ansamblu se constată că alungirea mușchiului este mai mare sub acțiunea primelor greutăți

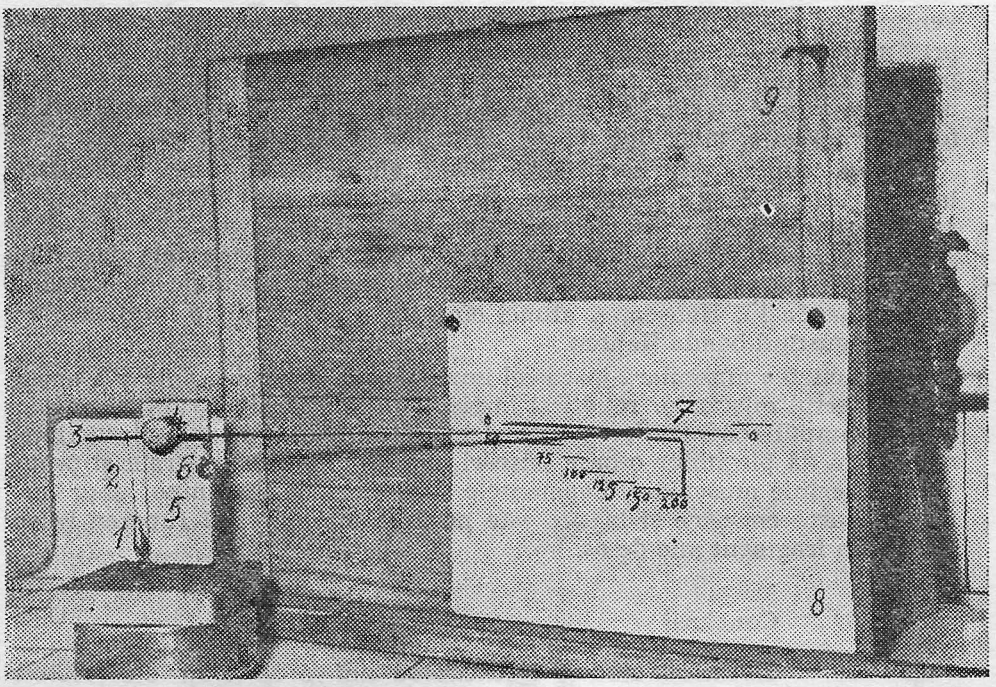


Fig. 30.

Dispozitiv pentru înregistrarea elasticității musculare (și pentru demonstrarea contracțiilor) :

1 – mușchi gastrocnemian fixat de placă ;
2 – fir rezistent și inextensibil ;
3 – pîrghie ;
4 – rolă de lemn al cărei ax este format dintr-un ac ;
5 – suport de lemn ;
6 – greutate atîrnată cu un cîrlig și care poate fi deplasată pe pîrghie ;
7 – denivelări produse cu o serie de greutăți, înregistrate cu ajutorul peniței (după îndepărtarea greutăților penița revine la linia de zero) ;
8 – foaie de hîrtie ;
9 – planșetă de desen sprijinită pe un suport.

și apoi din ce în ce mai mică pînă cînd se ajunge la o tracțiune maximă fără a se mai produce vreo alungire. Îndepărtînd succesiv greutățile se observă că revenirea la lungimea inițială este la început foarte mică și numai cînd aproape toate greutățile au fost îndepărtate, mușchiul revine la starea inițială.

● Și mai simplu se poate demonstra elasticitatea în modul următor : unei broaște spinale i se descoperă mușchiul gastrocnemian fără a se detașa de corp. Se secționează tendonul lui Ahile suprimîndu-i astfel inserția sa osoasă și se constată că mușchiul se scurtează cu 10—20% din lungimea lui. Rezultă că mușchiul *in situ* se găsește într-o oarecare tensiune elastică determinată de faptul că mușchiul în organism este fixat între cele două puncte de inserție, care trag în mod permanent de capetele sale. Prin această experiență se demonstrează existența tonusului muscular, care devine mai evident după secționarea tendonului. Mușchiul este mai întins înainte de secționarea tendonului.

În legătură cu elasticitatea trebuie să facem precizarea că ea nu se manifestă numai prin revenirea în urma tracțiunii în sensul fibrelor mușchiului, așa cum a rezultat din experiența de mai sus, ci și prin re-

venirea de sub acțiunea unor forțe compresive. Putem dovedi aceasta prin următoarea experiență simplă : dacă asupra unui mușchi din corpul propriu sau din corpul unui animal viu se exercită o compresiune, sub acțiunea acestei forțe, mușchiul se deformează, iar dacă se suprimă forța de apăsare, mușchiul redobîndește imediat forma sa inițială.

Se va explica elevilor că pe lîngă elasticitatea fibrei musculare, la alungirea mușchiului participă fibrele elastice conjunctive ce împînzesc masa musculară. În mod esențial, elasticitatea fibrei își are însă sediul în sarcomere. Cînd mușchiul este întins miofilamentele de actină din constituția discurilor clare glisează pe lîngă filamentele de miozină, lărgind banda lui Hensen, și atunci cînd forța de tracțiune încetează, ele revin, îngustînd banda Hensen.

Elasticitatea musculară joacă rol important în mecanica animală, amortizînd efectul mișcărilor repezi și împiedicînd eventualele rupturi musculare în timpul contracțiilor bruște și energice. De asemenea, elasticitatea musculară dă pîrghiilor osoase mișcări mai regulate și moderate și protejează inserțiile musculare, ligamentele și tendoanele. În timpul unor contracții foarte energice și bruște este posibilă mai degrabă ruperea inserției cu un fragment mic de os.

Concluzii

Extensibilitatea și elasticitatea sînt proprietăți ale țesutului muscular. Mecanismul producerii lor este dependent de structura intimă a țesutului muscular și a mușchiului întreg.

Preparate neuromusculare

Pentru demonstrarea excitabilității și contractilității mușchilor se folosește preparatul neuromuscular. Preparatele neuromusculare sînt ansambluri de unități funcționale reprezentate prin mușchi și nervii lor motori. Preparatele neuromusculare pot fi detașate complet din organism sau pot fi lăsate în continuare în organism, respectînd relațiile vasculare și relația nervului cu centrii medulari. Astfel de preparate sînt denumite *in situ*. Pe asemenea preparate excitarea mușchiului se face indirect, adică prin excitarea nervului corespunzător. Acest mod de excitare are avantajul că transmite excitația la toate unitățile motorii și se obțin rezultate mai bune. Folosirea în experiențele școlare a preparatelor neuromusculare are însă avantajul că elevii pot aprecia însemnătatea relațiilor dintre mușchi și nerv, care constituie de fapt o unitate funcțională. Frecvent se folosesc preparatele neuromusculare obținute de la animalele poichiloterme care își păstrează timp mai îndelungat viabilitatea la temperatura camerei spre deosebire de preparatele neuromusculare obținute de la homeoterme pentru care sîntem nevoiți să asigurăm pe durata experienței tempartura constantă, egală cu cea a corpului animalului de la care a fost prelevat.

Material necesar : broască, instrumente de disecție, planșetă sau cuvă de disecție, ace de disecție, ace cu gămălie, baghete de sticlă cu vîrful bont, lamă de sticlă, ser fiziologic, vată, dispozitiv pentru excitație electrică (de la rețea, de la acumulator sau de la o baterie electrică de buzunar), fire de ață.

Mod de lucru ● Se paralizează broasca prin distrugerea axului cerebrospinal și se fixează cu fața ventrală pe planșetă, cu membrele în extensie, cu ajutorul unor ace cu gămălie.

Se îndepărtează tegumentul unui membru posterior, apoi se disociază masa musculară a coapsei în plan axial, cu ajutorul unei baghete de sticlă cu vîrf bont. Se disociază nervul sciatic situat între mușchiul triceps și semimembranos. Nervul este flancat de artera și vena femurală de care trebuie degajat. După ce a fost izolat, nervul se secționează cît mai aproape de regiunea coccigiană.

Disociem acum mușchiul gastrocnemian inserat la capătul său inferior prin tendonul lui Ahile. Cu ajutorul unei baghete de sticlă cu vîrful bont se introduce un fir de ață pe sub tendon și se leagă strîns, apoi se secționează tendonul sub această legătură. Ținîndu-se de capetele firelor de ață ale legăturii se ridică mușchiul și se detașează prin secționarea piciorului deasupra și sub articulația tibiofemurală (fig. 31). În acest fel se păstrează inserția proximală a mușchiului gastrocnemian pe o porțiune de os femural. Această articulație fixată cu ace în măsuța miografului va constitui totdeauna capătul fix al preparatului neuromuscular, iar tendonul, prin firul de ață conectat la pîrghie, constituie capătul mobil. Se va evita lezarea nervului prin întindere, ciupire, presare.

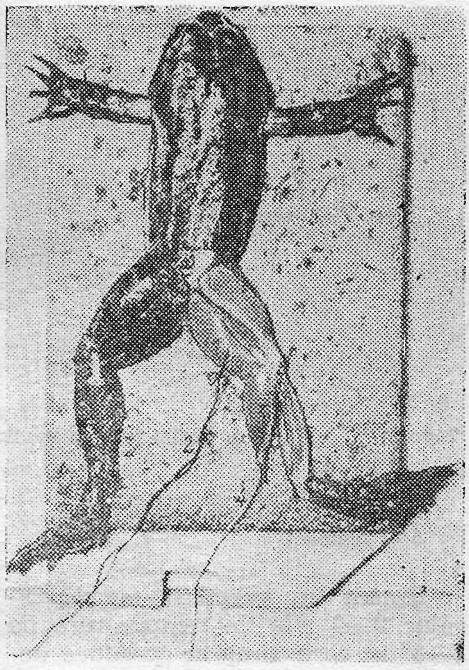


Fig. 31.

Disecția unui preparat neuromuscular gastrocnemian-sciatic :

1 – nervul sciatic descoperit ;
2 – fir de ață pentru manevră ;
3 – mușchiul gastrocnemian ;
4 – fir de ață cu care se leagă tendonul.

S-a obținut astfel preparatul neuromuscular gastrocnemian-sciatic (fig. 32). Se așază preparatul pe o lamă curată de sticlă și se acoperă cu un tampon de vată îmbibat cu ser fiziologic, pentru a evita deshidratarea nervului. În acest mod preparatul își menține viabilitatea un timp oarecare.

b. Excitabilitatea musculară

Este proprietatea mușchiului de a răspunde la acțiunea directă a unui excitant printr-o contracție. Deoarece aplicarea electrozilor direct pe suprafața unui preparat neuromuscular determină și excitarea componentelor nervoase distribuite în masa musculară, este necesar să se realizeze mai întîi deconectarea terminațiilor nervoase motorii de fibra musculară. Deconectarea se face prin degenerescență valeriană sau farmacologic.

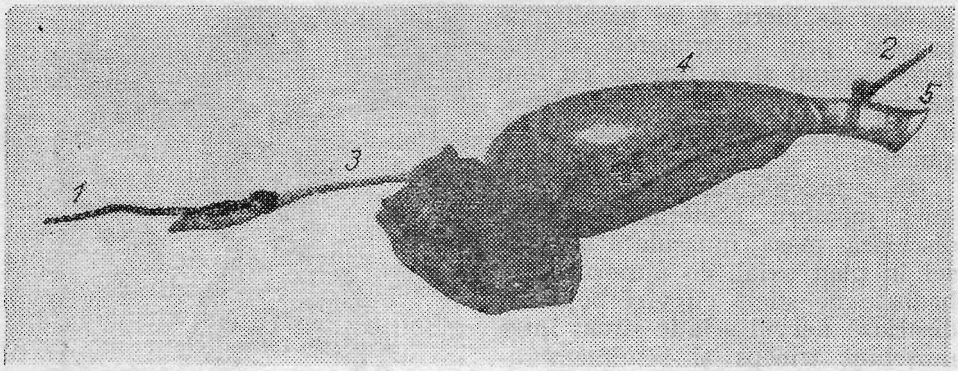


Fig. 32.

Preparat neuromuscular gastrocnemian-sciatic :

1 şi *2* – fire de aţă ;
3 – nervul sciatic ;
4 – muşchiul gastrocnemian ;
5 – tendonul.

Ţinem un preparat neuromuscular 2—3 zile la temperatura de 2—3° în care timp se produce degenerescenţa valeriană a fibrelor nervoase şi menţinerea în stare viabilă a muşchiului. Un asemenea preparat excitat indirect nu răspunde prin contracţii ; dar dacă se excită direct, atunci acestea se produc.

Sînt anumite substanţe chimice ce blochează transmiterea impulsului nervos în sinapsa neuromusculară de la nivelul plăcii motoare. Aşa de exemplu este curara, o otravă de origine vegetală, folosită de indienii din America Centrală pentru vînatul animalelor cu săgeţile. Animalul rănit cît de uşor de o săgeată otrăvită în scurt timp devine incapabil de a se mişca şi moare, din cauză că sînt paralizaţi muşchii scheletici între care şi cei respiratori determinînd moartea prin asfixie. Acţiunea acestei substanţe a fost lămurită de Claude Bernard, care în 1850 a demonstrat că muşchiul curarizat nu mai reacţionează la stimularea nervului său motor, dar rămîne excitabil la acţiunea directă a excitaţiilor. Excitabilitatea nervului nu este modificată de acţiunea curarei.

Material necesar : broască, placă de plută, ace cu gămălie, trusă de disecţie, aţă, excitator electric mobil, bobină de inducţie, întrerupător, acumulator de 4 volţi sau baterie electrică de buzunar, conductori electrici, soluţie de curara 1%, seringă de 2 ml cu ac scurt şi subţire, baghete de sticlă.

Mod de lucru ● Se realizează un dispozitiv de excitare electrică de la reţea sau baterie după cum se vede în figurile 33 şi 34.

Se paralizează broasca prin distrugerea axului cerebrospinal şi se fixează pe placa de plută cu faţa dorsală în sus. Se descoperă nervul sciatic în regiunea femurală, în ambele membre.

Sub sciaticul unuia din membre se trece un fir de aţă, cu care se leagă strîns coapsa, pentru a întrerupe circulaţia sanguină. Se stabileşte pragul de excitabilitate pentru fiecare din nervii sciatici. Se injectează 0,5 ml soluţie de curara 1%

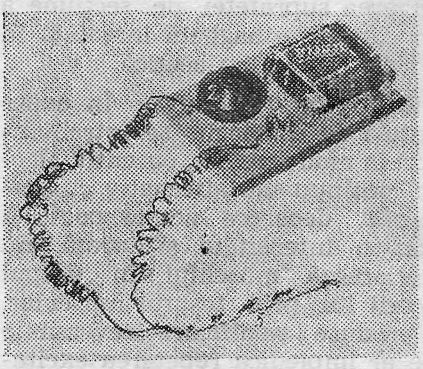


Fig. 33.

Dispozitiv pentru excitarea electrică :

1 – baterie electrică pentru lanternă de buzunar ;
2 – buton de sonerie ;
3 și *4* – conductori electrici ;
5 – excitator de mînă (format din capetele conductorilor asamblate cu leucoplast sau cu panglică izolatoare).

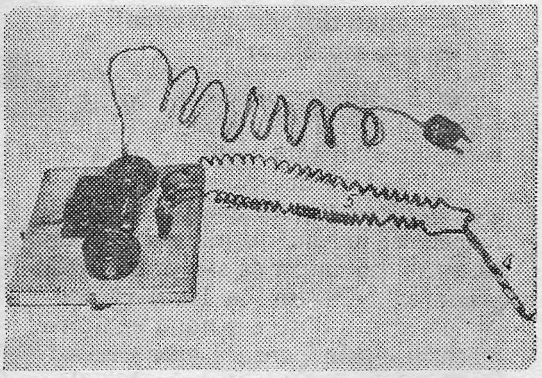


Fig. 34.

Dispozitiv pentru excitarea electrică cu curent din rețea :

1 – ștecher pentru priza la rețea de curent ;
2 – întrerupător ;
3 – transformator ;
4 – priză suplimentară ;
5 – conductori (sîrme de sonerie) ;
6 – excitator de mînă.

în sacii limfatici dorsali astfel : cu degetele mîinii stîngi sau cu o pensă cu gheare se prinde pielea de pe spate și se ridică în sus. În pliul format se introduce acul seringii care pătrunde în sacii limfatici de sub tegument și se injectează soluția de curara (v. fig. 7). Se așteaptă 30 min și se îndepărtează tegumentul de pe ambii mușchi gastrocnemieni.

Se excită pe rînd nervii sciatici și se constată contracția numai a membrului posterior, la care a fost întreruptă circulația, adică la cel neintoxicat cu curara.

Se excită apoi direct mușchii gastrocnemieni și se constată că ambii răspund prin contracții.

Aceasta dovedește că atît excitabilitatea musculară cît și cea nervoasă nu au fost suprimate.

Se excită acum tegumentul membrului nelegat și se constată că răspunde numai membrul posterior legat și neintoxicat. Aceasta dovedește că curara nu are nici o acțiune asupra receptorilor căilor senzitive.

Constatarea ce se desprinde din experiența lui Claude Bernard este următoarea : curara acționează la locul de joncțiune neuromusculară (placa motoare), întrerupînd transmiterea impulsului nervos de la nerv la mușchi. Nu este abolită nici excitabilitatea musculară și nici cea nervoasă.

Concluzii

Oricare ar fi natura excitantului (fizic, chimic, fiziologic), reacția țesutului muscular este contracția. Deci, excitabilitatea și contractilitatea sînt două proprietăți ale mușchilor în strînsă interdependență. În organism mușchii sînt excitați de către excitanți fiziologici – impulsurile nervoase. În mod experimental putem excita indirect mușchiul prin excitanți mecanici (presare, înțepare, tăiere), electrici (curent continuu sau alternativ), termici și chimici.

Acțiunea diferiților excitanți asupra mușchilor

● *Excitanți mecanici.* Se pensează cu vîrful pensei nervul la extremitatea distală față de mușchi. Se observă că determină o contracție. Dacă se repetă această pensare în același loc nu se mai obține un răspuns din cauză că s-a produs degradarea nervului în locul respectiv. Pentru a obține o nouă excitare mecanică prin pensare este necesar să pensăm pe traseul nervului alături de locul primei excitări, dar înspre mușchi, unde nervul este nelezat. De fiecare dată vom constata că după o primă pensare, pe același loc, nu se mai poate obține excitarea nervului. Rezultă că integritatea anatomică și fiziologică a nervului sînt condiții esențiale, pentru ca să se producă o excitație prin aplicarea oricărui excitant. Suprimarea posibilității de transmitere a excitațiilor de la centri motori pe traseul unui nerv lezat determină și pierderea tonusului muscular, urmată de paralizia mușchiului.

● *Excitanți termici.* Se aplică pe suprafața de secțiune a nervului un corp metalic cald sau un cristal de gheață ; se observă că în ambele cazuri mușchiul răspunde prin contracții.

● *Excitanți chimici.* Pe un alt preparat neuromuscular se aplică un cristal de NaCl pe suprafața de secțiune a nervului și, după puțin timp, se obține contracția mușchiului. Prin aplicarea NaCl se produce deshidratarea nervului timp în care are loc un fenomen de excitație. Același efect se obține prin atingerea suprafeței de secțiune a nervului, cu o baghetă înmuiată în acid clorhidric sau acetic.

● *Excitanți electrici.* În experiențele de fiziologie se întrebuințează în mod frecvent curentul electric continuu sau alternativ cu voltaj mic, deoarece acesta poate fi dozat în intensitate și durată, nu deteriorează mușchiul în timpul trecerii lui prin țesutul muscular, nu produce modificări ireversibile care ar împiedica repetarea excitației în același loc. Pentru ca mușchiul să reacționeze, excitantul trebuie să atingă o intensitate liminală numită prag de excitabilitate.

● Instalația electrică pentru efectuarea unei excitații se realizează astfel : cu sîrme subțiri de cupru, izolate, se face un circuit electric între sursa de curent (baterie anodică, acumulator, transformator), cheia întrerupătoare și excitator. Capetele terminale ale sîrmelor se îndoaie puțin pentru a servi drept excitator (în caz că acesta lipsește), pe care se va așeza nervul. Întrerupătorul este folosit pentru stabilirea și întreruperea circuitului. Sursa de curent folosită poate fi și cea din rețeaua orașului care se trece printr-un transformator de sonerie de 5—8 V.

Dacă intensitatea curentului continuu a atins valoarea medie, atît la stabilirea cît și la întreruperea circuitului, adică de fiecare dată cînd în circuitul electric se produce o variație bruscă de intensitate a stimulului, se obține o excitație care determină contracția mușchiului, marcată de ridicarea stegulețului (fig. 35).

c. Contractilitatea musculară

Este proprietatea fiziologică fundamentală caracteristică mușchilor.

În funcție de frecvența și intensitatea stimulilor, se pot distinge : contracții simple sau secuse, contracții susținute sau tetanosul (incomplet sau complet) și contracțiile tonice.

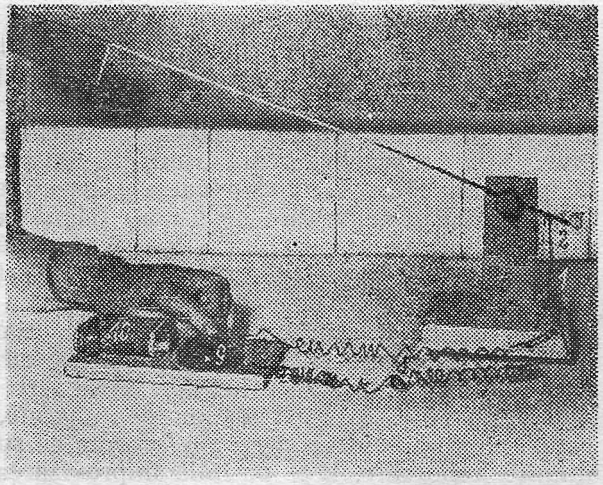


Fig. 35.

Instalație pentru amplificarea contracției musculare :

1 – mușchi gastrocnemian-sciatic ;
2 – fir de ață ;
3 – pirghie de amplificare ;
4 – rolă de lemn ;
5 – steguleț pentru observarea contracției mușchiului ;
6 – suport de lemn ;
7 – excitator electric ;
8 – conductori ;
9 – buton de sonerie ;
10 – sursă de curent electric.

În funcție de tensiunea care se dezvoltă în mușchi în timpul contracțiilor deosebim contracții izotonice și contracții izometrice.

Contracția izotonică se realizează fără efectuarea unui lucru mecanic atunci cînd mușchiul ridică propria lui greutate. În acest caz el nu dezvoltă nici un fel de tensiune sau dezvoltă una foarte slabă. Cînd însă mușchiul trebuie să efectueze un lucru mecanic se dezvoltă o tensiune corespunzătoare ca intensitate cantității de lucru mecanic ce trebuie efectuat. În cazul cînd lucrul mecanic depășește ca intensitate tensiunea maximă în mușchi, acesta nu se mai poate scurta. În consecință, cu toate că s-a dezvoltat o tensiune maximă, mușchiul rămîne la aceeași lungime — izometrică. Tensiunea maximă dezvoltată în condiții de contracție izometrică este măsurabilă.

Contracția izotonică

Cînd mușchiul care se scurtează are tot timpul o tensiune constantă, reprezentată prin forța care se dezvoltă pentru ridicarea propriei greutăți, realizează o contracție izotonică. Este cazul contracției simple (secusa) a mușchilor.

Contracția izometrică

Mod de lucru ● În cazul cînd în mușchi se dezvoltă starea de tensiune maximă, fără să se poată scurta din cauză că rezistența care se opune, adică încărcătura mușchiului, depășește tensiunea maximă dezvoltată, se produce o contracție izometrică care nu se exteriorizează printr-un lucru mecanic dinamic, nu se produce o mișcare. Și acest fel de contracții pot fi experimentate de elevi, de pildă un elev împinge cu mîna și cu toată puterea de care este capabil, peretele clasei și nu-l poate deplasa. Alt elev încearcă să deplaseze o greutate pe care nu o poate urni. În ambele cazuri tensiunea musculară se dezvoltă progresiv ; la intensitatea maximă, lungimea fibrelor musculare rămîne aceeași.

● Greutatea cea mai mică pe care un om nu o mai poate ridica ne indică limita tensiunii maxime care se poate dezvolta în organis-

mul său în condiții de efort, mușchii fiind în contracție izometrică. Se poate verifica în sala de sport valoarea greutății care nu mai poate fi ridicată cu tot efortul depus de elev. Spre exemplu, poate ridica 25 kg și nu 26 kg. La 26 kg (valoarea cea mai mică pe care nu o mai poate ridica) se va dezvolta o tensiune maximă totuși insuficientă pentru a realiza un lucru mecanic. În organism în cursul diferitelor activități, nu avem contracții pur izotonice sau pur izometrice. Contracțiile musculare în activitatea organismului se realizează atît cu dezvoltarea parțială a unei tensiuni cît și cu scurtarea mușchiului la o anumită valoare ; ele sînt denumite contracții auxotonice.

Analiza desfășurării fenomenelor în timpul contracțiilor poate fi efectuată prin înregistrarea grafică a acestora, adică pe baza unei miograme. Înregistrarea contracțiilor musculare se face în mod curent cu ajutorul unor dispozitive denumite miografe, pe care se fixează preparatele neuromusculare și a unor aparate cu suprafață de înscriere mobilă, numite kimografe. Este posibilă improvizarea atît a unui miograf cît și a unui kimograf.

Înregistrarea contracțiilor musculare

Mod de lucru ● Miograful este o pîrghie de gradul I acționată de contracția mușchiului (fig. 36). Pîrghia înscrie deplasările sub forma unei curbe pe o suprafață de hîrtie. În școală poate fi utilizată pîrghia cea mai simplă montată pe un suport de lemn, avînd la extremitatea brațului rezistenței, în locul stegulețului, un tampon mic de vată îmbibată în cerneală glicerinată.

● Confecționarea în școală a unei pîrghii cu care să se reproducă în mod amplificat deplasările adesea foarte mici ale mușchiului în timpul contracțiilor este deosebit de simplă.

Material necesar : o placă de plută 10/15 cm fixată pe o scîndurică și apoi ceruită, plăcuță de lemn de 3/20/1 cm, cilindru de lemn de 6—7 cm cu diametru de 3 cm, un cui de circa 8 cm, tije subțiri din metal, lemn, paie lungi de 30 cm.

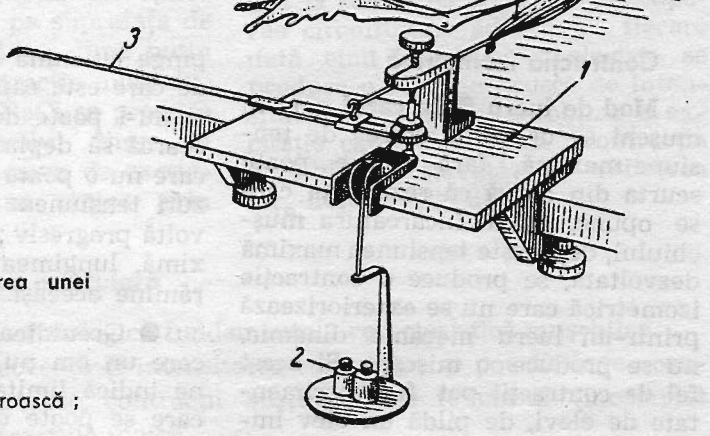


Fig. 36.

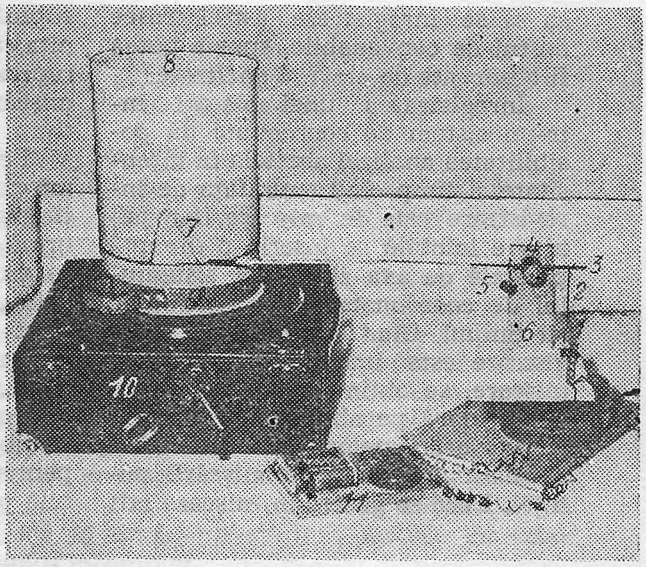
Miograf pentru înscrierea unei contracții musculare :

1 — planșetă de plută ;
2 — greutăți ;
3 — pîrghie înscriitoare ;
4 — gastrocnemian de broască ;
5 — nervul sciatic.

Fig. 37.

Kimograf improvizat :

1 – mușchi gastrocnemian de broască ;
2 – fir de ață ;
3 – pîrghie înscriitoare ;
4 – rolă de lemn prin care trece pîrghia ;
5 – greutate ;
6 – suportul pîrghiei ;
7 – înregistrarea unei contracții simple (secusa) ;
8 – hîrtie înfășurată pe un cilindru metalic ;
9 – placă turnată a patefonului.



Montarea acestor piese se face astfel : pe latura mică a plăcii de plută se fixează plăcuța de lemn orientată vertical. La extremitatea superioară a acesteia se fixează cu ajutorul cuiului cilindrul orientat orizontal, paralel cu placa de plută și deasupra acesteia. Cilindrul trebuie să ruleze ușor fără frecare în jurul cuiului. Grosimea cilindrului se perforează și se trece prin el una din tije care constituie pîrghia de gradul I. Cele două brațe ale pîrghiei vor fi de lungimi diferite, una scurtă, la care se ancorează mușchiul în prealabil fixat cu un capăt pe placa de plută și cealaltă lungă, care reproduce mișcarea cu atît mai amplificată cu cît este mai lungă și cu cît ancorarea mușchiului este mai aproape de punctul fix. Pentru mușchii netezi sau cardiac folosim pîrghia de pai.

● Un kimograf se poate confecționa dintr-un cilindru metalic așezat pe măsuța unui patefon (fig. 37) sau pikup. În lipsa acestor mijloace se poate folosi o planșetă de desen susținută în plan vertical pe care se fixează o coală de hîrtie albă (fig. 38). În acest caz, punerea în mișcare a suprafeței de înscriere se face de către un elev, care trage de planșetă cu o viteză uniformă. Cu stăruință și abilitate se poate ajunge

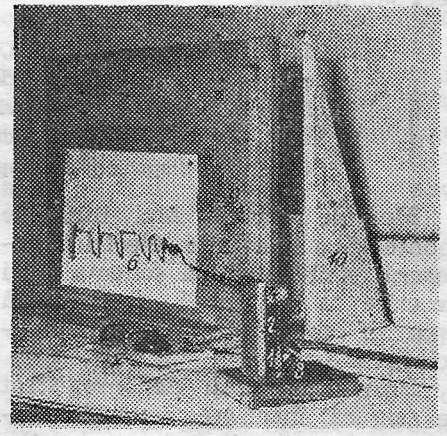


Fig. 38.

Înregistrarea contracțiilor musculare pe o suprafață plană :

1 – mușchi gastrocnemian de broască ;
2 – fir de ață ;
3 – pîrghie înscriitoare ;
4 – rolă de lemn ;
5 – suport ;
6 – contracții susținute (tetanos) înregistrate pe coala de hîrtie fixată pe planșetă (*9*) ;
7 – instalație electrică pentru excitarea preparatului ;
8 – excitator ;
9 – planșetă de desen ;
10 – suport pentru ghidajul planșetei.

ca să se înregistreze astfel trasee destul de convenabile, spre a putea fi observate de elevi și analizate.

Înregistrarea unei mișcări într-un sistem de coordonate dă posibilitatea analizei acesteia în intensitate și timp cînd suprafața de înregistrare este în mișcare, iar peniţa e imobilă se înscrie o dreaptă paralelă cu axa absciselor sistemului de coordonate și proporţională cu timpul. Cînd suprafața de înregistrare este imobilă și peniţa în mișcare, se obţine o dreaptă perpendiculară pe abscisă, și paralelă cu axa ordonatelor. Prin aceasta se măsoară amplitudinea mișcării peniţei. Dacă se găsesc în mișcare atît suprafaţa de înregistrare cît și peniţa, atunci se obţine o curbă care reprezintă înregistrarea intensităţii mișcării corpului în funcţie de timp.

Pentru ca peniţa care reproduce mișcarea imprimată de mușchi în timpul contracţiei să poată lăsa urmă pe suprafaţa de înregistrare, se procedează în două moduri : fie prin acoperirea suprafeţei cu un strat subţire de negru de fum, fie prin alimentarea peniţei cu cerneală. În școală este preferabil să se lege în vîrful peniţei un tampon îmbibat cu cerneală glicerinată, pentru ca astfel să lase o dîră vizibilă pentru toţi elevii.

Contracţia simplă sau secusa

Este contracţia unică a unui mușchi determinată de excitarea lui cu un excitant care acţionează o singură dată, indiferent dacă se aplică direct sau indirect.

Material necesar : o broască, instrumente de disecţie, o planșetă pe care se lipește hîrtia, o bucată de lemn ușor, lungă de 20 cm și îngustă de cîţiva milimetri (ce va servi ca peniţă înscriitoare), pikup, cilindru de metal, ser fiziologic, sursă de curent electric continuu, vată și cerneală glicerinată, dispozitiv de amplificare a mișcării.

Mod de lucru ● Mai întîi, se montează o instalaţie electrică necesară excitării după schema celei descrise la pagina 57. Se izolează apoi un preparat gastrocnemian-sciatic.

Prin dispozitivul de înregistrat se asigură înscrierea curbelor caracteristice tipurilor de contracţie.

Cînd se apasă pe butonul întrerupător, se stabilește circuitul electric, se produce o variaţie bruscă a intensităţii excitantului, ceea ce are ca efect declanșarea contracţiei. Mușchiul se scurtează repede, apoi se relaxează revenind la starea de repaus, adică recapătă lungimea de la început. Peniţa înscrie pe suprafaţa de înregistrare o curbă — miograma. Cînd se ridică degetul de pe întrerupător se produce din nou o variaţie bruscă a intensităţii excitantului, care determină o nouă secusă, de intensitate mai mică. Atîta timp cît prin mușchi continuă să treacă curent electric de intensitate constantă, nu apar fenomene vizibile. Rezultă că mușchiul răspunde prin contracţii atît la stabilirea circuitului cît și la întreruperea lui pentru că, în ambele cazuri, se produc variaţii bruște ale intensităţii curentului. Se obţin deci două secuse, ambele putîndu-se înregistra succesiv. Subliniem că pentru obţinerea celei de-a doua secuse nu se întrerupe circuitul înainte ca mușchiul să se fi relaxat complet, după prima excitare.

Analizînd miograma obţinută în condiţiile descrise mai sus putem delimita : perioada de contracţie, marcată prin traseul ascendent al

curbei și perioada de relaxare marcată prin traseul descendent. Delimitarea perioadei de latență necesită un semnal electric cu care se înregistrează momentul stabilirii sau întreruperii curentului electric.

Contracția susținută sau tetanosul fiziologic

Dacă mai multe excitații se succed la intervale mai scurte decît durata unei secuse (în cazul gastrocnemianului de broască, mai puțin de 0,05 s), se obține o contracție susținută prelungită sau tetanică. Atîta timp cît durează acțiunea repetată a excitațiilor, cea de-a doua excitație acționînd în timpul fazei de relaxare a mușchiului, relaxarea nu se mai continuă și se produce o nouă contracție ; pe miogramă traseul este din nou ascendent. Dacă excitațiile se repetă, în același fel, se obțin trasee ca o linie sinuoasă. S-a obținut astfel o fuziune de contracții, incomplete, adică un tetanos fiziologic incomplet. Deci în tetanosul incomplet, după fiecare contracție are loc un început de relaxare, care însă nu se definitivează datorită excitației succesive ce determină o nouă stare de contracție. Apreciind în intensitate starea de contracție constatăm că ea nu este permanentă, deoarece în timp sînt și stări parțiale de relaxare, de aici și noțiunea de tetanos incomplet.

Dacă excitațiile se succed cu o frecvență mai mare, cea de-a doua excitație acționează asupra mușchiului în timpul fazei de contracție sau la finele acestei stări ; se observă că mușchiul rămîne contractat tot timpul cît se produc aceste excitații. Traseul miogramei este o linie orizontală. S-a obținut astfel un tetanos fiziologic complet. În stările de tetanos complet, succesiunea mare a impulsurilor determină menținerea totală și permanentă a mușchiului în stare de contracție. În organism datorită frecvenței mari a impulsurilor nervoase motoare (200—300/s), mușchiul este menținut în stare de contracție tot timpul cît durează efectuarea unui travaliu.

În concluzie, succesiunea rapidă a impulsurilor determină menținerea totală și permanentă a mușchiului în stare de contracție.

Mod de lucru ● Demonstrăm tetanosul fiziologic incomplet și complet folosind curentul continuu de 3—5 V, cu condiția să acționăm întrerupătorul cu o frecvență corespunzătoare, provocînd minimum 20 excitații pe secundă. Pentru înregistrare ne servim de aceeași instalație cu care am făcut înscrierea unei contracții simple. Singura deosebire este viteza cu mult mai mică de rotire a cilindrului sau de deplasare a planșetei. Pentru înregistrare se aduce penița în contact cu hîrtia kimografului care se deplasează și, după ce penița a înscris pe hîrtie o mică porțiune de linie dreaptă, apăsăm scurt pe butonul întrerupătorului, de circa 3—4 ori la intervale rare și se constată că se obțin tot atîtea secuse, înregistrate numai în intensitate. Se mărește frecvența excitațiilor și se înregistrează un traseu care prezintă platoul dințat al tetanosului incomplet. Se mărește acum și mai mult frecvența excitațiilor (20—30/s) și se obține o curbă cu un platou neted al tetanosului complet (fig. 39).

Invariabilitatea volumului mușchiului în timpul contracției

Material necesar : broască și instrumente de disecție, un flacon de sticlă cu ser fiziologic, un dop străbătut de un tub capilar de sticlă, un ex-

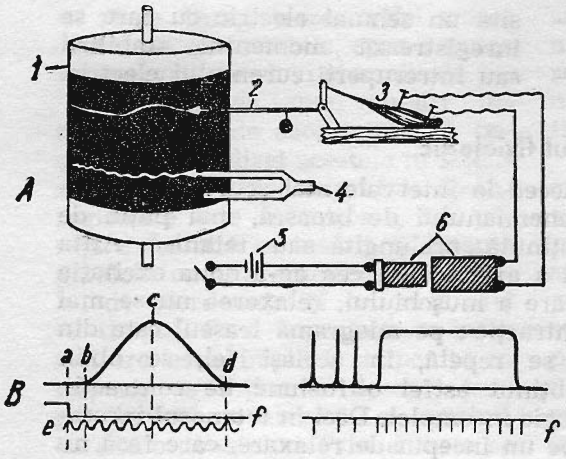


Fig. 39.

A. Kimograful și înregistrarea secusei și tetanosului :

1 – cilindru inscriptor ;
2 – peniță ;
3 – gastrocnemian de broască ;
4 – diapazon electric pentru înregistrarea timpului ;
5 – pilă electrică ;
6 – bobină de inducție.

B. Graficul și analiza unei secuse musculare :

a – *b* – perioada latentă ;
b – *c* – perioada de contracție ;
c – *d* – perioada de relaxare ;
e – înregistrarea timpului în sutimi de secundă ;
f – marcarea momentelor de stimulare.

C. Graficul tetanosului complet.

citator electric ce străbate prin dop, conectat cu electrozi de la o sursă de curent, și pe traseul circuitului un întrerupător. Dopul are spre interior un cîrlig de care se fixează articulația tibiofemurală a preparatului.

Mod de lucru ● Se efectuează un preparat neuromuscular. Nervul se trece peste excitator. În flacon se introduce ser fiziologic. Se aplică dopul cu grijă ; mușchiul este astfel cufundat în ser. Vasul fiind plin cu ser, acesta va urca în capilar. Coloana de lichid din capilar ne servește ca indicator al variațiilor de volum ale mușchiului, care, în cazul că se va mări, în cursul contracției va dislocui o parte din ser, care presat va urca pe coloana capilarului. Se notează nivelul pînă la care se găsește soluția cînd mușchiul se află în repaus. Se excită (fig. 40). Prin transparența vasului și a lichidului din el se urmărește contracția mușchiului. El se scurtează și se îngroașă. Se constată că deformarea mușchiului nu produce creșterea coloanei de lichid în tubul capilar, mușchiul în timpul contracției nu-și schimbă volumul, ci numai forma.

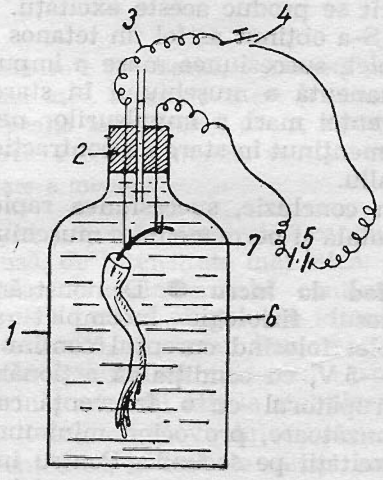


Fig. 40.

Experiență care arată că volumul mușchiului nu se schimbă în mod sensibil în timpul contracției :

1 – vas de sticlă cu ser fiziologic ;
2 – dop prin care trec electrozii și un tub capilar de sticlă ;
3 – conductori electrici ;
4 – întrerupător ;
5 – sursă de curent (acumulator baterie) ;
6 – mușchiul gastrocnemian de broască ;
7 – nervul sciatic.

Contracția mușchilor netezi

Contracțiile mușchilor netezi sînt lente și de lungă durată. Pentru observarea modului de contracție al acestora folosim musculatura circulară netedă din stomacul de broască.

Material necesar : miograf cu pîrghie ușoară de pai, lamă de sticlă, instrumente de disecție, circuit de curent alternativ 5—8 V, ace cu gămălie, ață.

Mod de lucru ● Broasca spinalizată este așezată în decubitus dorsal pe placa de plută și fixată în ace. Se deschide cavitatea abdominală, se disociază stomacul și se secționează un segment din regiunea fundică (circa 1—1,5 cm), regiune în care musculatura este mai abundentă.

Se secționează apoi segmentul de-a lungul micii curburi și se obține un lambou de formă dreptunghiulară (fig. 41). Acesta are pe fața internă mucoasa gastrică cutată cu pliuri orientate paralel cu axul gastric. În marginile acestui lambou și anume cele care sînt paralele cu cutele mucoasei se introduce pe toată lungimea lor cîte un ac cu gămălie. Astfel între cele două ace vom avea fibrele musculare netede care în stomac au orientare circulară. Formăm cîte un laț din fir de ață pe fiecare ac : unul din lațuri va servi la ancorarea mușchiului la punctul fix de pe plută și celălalt la pîrghie. Acele sînt apoi conectate cu fire subțiri de liță, care la rîndul lor sînt conectate cu reoforii de la sursa de curent electric și astfel au și rol de excitatori. În placa de plută se înfige un cîrlig confecționat dintr-un ac cu gămălie ; de acesta se ancorează unul din lațuri. Al doilea laț prelungit cu un fir de ață se ancorează la pîrghia miografului (fig. 42). Dacă preparatul neuromuscu-

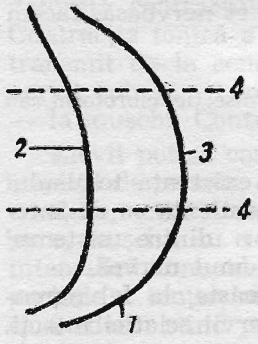


Fig. 41.

Locul unde se prelevează lamboul gastric :

1 – stomac de broască ;
2 – mica curbură ;
3 – marea curbură ;
4 – linii de secționare.

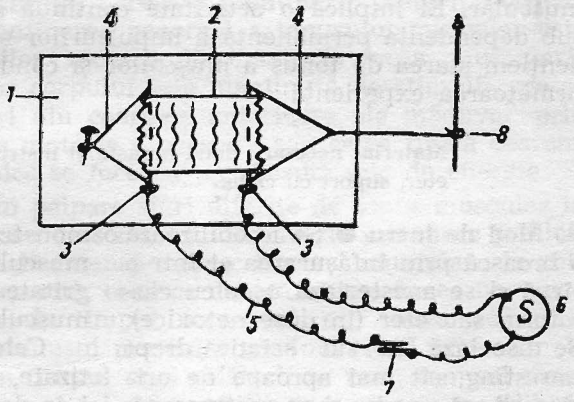


Fig. 42.

Montarea unui preparat neuromuscular prelevat din stomac de broască :

1 – lamă de sticlă ;
2 – lambou gastric ;
3 – ace cu gămălie ;
4 – lațuri de ață ;
5 – circuit electric ;
6 – sursă electrică ;
7 – cheie întrerupătoare ;
8 – pîrghie.

lar a fost efectuat în condiţii satisfăcătoare, fără a fi traumatizat prin întindere sau strivire, se constată că se produce în mod spontan mişcări lente de contracţie şi de revenire determinate de automatismul specific muşchiului neted. Excitînd muşchiul, se produce o contracţie cu o latenţă de 2—3 s, care durează 10—20 s, urmată de o relaxare lentă pînă la 30—60 s. Aceste perioade pot fi cronometrate de către un elev. În total durata unei contracţii unice a muşchiului neted este de aproape 1 min ; deci se produce o activitate motorie îndelungată cu o cheltuială de energie nervoasă cu mult mai redusă faţă de aceea necesară menţinerii în stare de contracţie a muşchiului striat în aceeaşi perioadă de timp.

Atragem atenţia că muşchiul neted poate fi uşor intoxicat cu toxinele rămase pe mîini şi instrumente din timpul cît se imobilizează broasca şi că, înainte de a se prelева segmentul gastric, instrumentele trebuie curăţite şi lamboul pus pe o lamă de sticlă.

Considerăm că pentru intuirea mai clară a diferenţelor care există între activitatea motorie a muşchilor netezi, striaţi şi cardiac putem efectua concomitent experienţe privind procesul de contracţie al acestor muşchi. Pentru cord „in situ“ se va monta conform indicaţiei de la pagina 172. Se va reţine necesitatea stimulării muşchilor striaţi şi neted pentru producerea unei contracţii, diferenţele în timp şi intensitate şi faptul că miocardul are o activitate ritmică automată.

Tonusul muscular

Tonusul muscular este contracţia constantă a muşchilor care menţin postura caracteristică unei specii animale.

În organismul viu, muşchii se găsesc permanent într-o stare de tonus muscular. El implică o activitate continuă a ţesutului muscular şi este sub dependenţa permanentă a impulsurilor sistemului nervos. Ca să evidenţiem starea de tonus a muşchilor şi condiţionarea ei nervoasă, facem următoarea experienţă :

Material necesar : două broaşte şi instrumente de disecţie, cloroform sau eter, suport cu cîrlig.

Mod de lucru ● Se imobilizează o broască prin înfăşurarea ei într-o cîrpă şi se anesteziază uşor cu cloroform sau eter (în doze netoxice). Se disociază nervul sciatic drept sau stîng, cît mai aproape de origine, lîngă coccis, şi se secţionează. După aceasta, cu un cîrlig fixat în maxilar se suspendă broasca pe un suport. După ce broasca iese din narcoză se va observa că membrul posterior, al cărui nerv sciatic este intact, este flectat, cel cu sciaticul secţionat are muşchii paralizaţi şi atîrnă, total relaxat, el pare acum mai lung (fig. 43, A şi B). S-a demonstrat astfel existenţa tonusului muscular şi dependenţa sa de integritatea relaţiilor dintre sistemul muscular şi sistemul nervos.

Celeilalte broaşte, la fel narcotizate, dar cu nervii sciatici intacţi, i se descoperă gastrocnemienii de la ambele membre posterioare. La unul din membre, la care se secţionează tendonul lui Ahile, se constată că se măreşte spaţiul dintre cele două capete ale tendonului secţionat, din cauză că, muşchiul în stare de tensiune parţială se scurtează, nemaifiind întins între cele două puncte de inserţie. La fel se

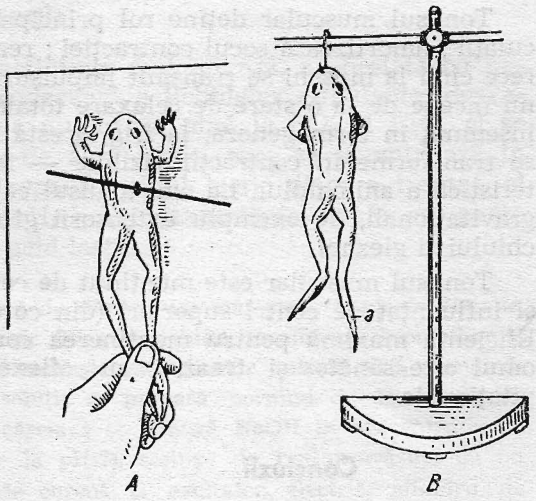


Fig. 43.

Influența sistemului nervos asupra tonusului muscular :

A – locul unde se face butoniera în tegument, pentru a repera nervul sciatic aproape de originea lui aparentă ;

B – alungirea membrului posterior (*a*) după secționarea sciaticului.

întîmplă dacă se secționează transversal, la mijloc, celălalt gastrocnemian ; între cele două părți ale secțiunii spațiul se mărește. Aceleași experiențe pot fi făcute pe broasca spinală.

Comparînd observațiile făcute în aceste experiențe, constatăm că mușchiul denervat pierde tonusul, că mușchiul al cărui nerv este intact păstrează tonusul și că, concomitent cu starea de tonus, mușchiul este întins între punctele sale de inserție. Un mușchi denervat nu se scurtează.

Se va explica elevilor că tonusul muscular este o stare de contracție reflexă permanentă și echilibrată, necesară menținerii posturii normale a corpului. Se admite că menținerea generală a tonusului muscular este datorată contracțiilor unităților motorii dispersate în masa musculară. Contracția tonică a mușchilor corpului este menținută de stimuli care se transmit de la centrii motori din coarnele anterioare ale măduvei, prin nervii spinali — componenta motorie a acestora sau calea finală comună — la mușchi. Contracția tonică se face cu un consum mic de energie.

Elevii pot să constate prin palpare stări diferite de tonus muscular în condiții de repaus, de lucru sau de somn etc. Stările de încordare psihică, emoțiile, activitatea intelectuală intensă măresc tonusul muscular ; la palpare, mușchii au o duritate sporită, ceea ce denotă că tensiunea nervoasă intensifică tonusul muscular. În timpul somnului, din cauza reducerii parțiale a tonusului nervos, tonusul muscular diminuează. La persoanele care adorm stînd pe scaun în timpul unei călătorii în tren, tonusul muscular este mai redus și ca atare și cel al mușchilor care mențin mandibula ridicată ; ca urmare, greutatea mandibulei face ca aceasta să se deplaseze în jos și gura să se deschidă, pleoapele să se închidă, capul cade prin greutatea lui în piept, corpul se curbează înainte. Cînd impulsurile nervoase motorii spre mușchii antigravitaționali sînt suprimate pentru o fracțiune de secundă, reflexele tonice de extensie pierd din eficiență și corpul cade.

Tonusul muscular se suprimă atît după lezarea nervilor aferenți cît și a celor eferenți, care intră în alcătuirea căii finale comune de releu a centrilor nervoși cu efectorii musculari.

Tonusul muscular deține rol principal în menținerea oaselor în articulații ; amortizează șocul contracției ; realizează economie de efort, deoarece cînd la mușchi se transmit impulsuri motorii, intrarea lor în acțiune nu începe de la o stare de relaxare totală, ci de la starea tonică ; are rol însemnat în termogeneză, la frig, acesta se intensifică, ajungînd chiar să se transforme în contracții vizibile — frisonul ; menține postura caracteristică a animalului. La om, tonusul cel mai ridicat îl au mușchii antigravitaționali, de exemplu extensorii gîtului, extensorii spatelui, genunchiului și gleznei.

Tonusul muscular este menținut de centri reflecși din măduva spinării și influențat de centri superiori (din cortex, cerebel, trunchi cerebral). Eficiența maximă pentru menținerea corpului în postură normală, cînd omul este sănătos și treaz, o au reflexele tonice de extensie, antigravitaționale.

Concluzii

1. Secționarea sau lezarea nervului duce la suprimarea tonusului și la paralizia mușchiului cu care este conectat.

2. După distrugerea măduvei, toată musculatura corpului devine flască.

3. Secționarea capului (cu detașarea centrilor cerebrali de cei medulari – fig. 44) determină șocul spinal, manifestat prin suprimarea tonusului nervos, urmat de suprimarea tonusului muscular. Șocul spinal durează la broască circa 10 min, după care tonusul medular se restabilește și, în consecință, și cel muscular. Aceasta demonstrează rolul centrilor nervoși medulari în menținerea tonusului muscular.

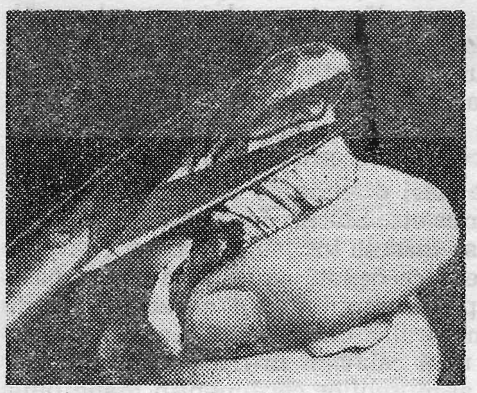


Fig. 44.

Decapitarea broaștei cu foarfecele. Gura se ține deschisă cu ajutorul degetului arătător.

4. Broasca jupuită de piele pierde tonusul muscular, din cauză că sînt îndepărtați exteroceptorii tegumentari, de la care, în condiții normale, se transmit impulsuri aferente spre măduvă, cu rol în menținerea tonusului nervos. Animalul jupuit de piele se manifestă la fel cu o broască cu măduva distrusă.

5. Modificări ale intensității tonusului muscular pot fi observate prin distrugerea sau anestezierea unilaterală a receptorilor vestibulari, prin extirparea unilaterală a cerebelului sau a altor centri din trunchiul cerebral.

Fenomene biochimice ale contracției

Cînd mușchiul se află într-o activitate mai intensă, necorelată cu necesarul de O_2 printr-o irigație neadecvată a lichidelor circulante, degradarea glucozei este incompletă, ea nu merge pînă la CO_2 și H_2O, ci se oprește într-o fază intermediară, de acid lactic, care se acumulează în mușchi. Dacă mușchiul intră în repaus, acidul lactic dispare treptat, el fiind oxidat mai departe la CO_2 și H_2O. Prin experiența următoare poate fi pusă în evidență producerea de acid lactic.

Material necesar: o broască de dimensiuni mai mari, trusă de disecție, fir de ață, vată, ser fiziologic (Ringer), soluție de albastru bromothymol 0,7% în ser fiziologic, care servește ca indicator, soluție 0,1% monoiod-acetat de sodiu (această soluție se prepară pornind de la soluția de acid monoiodacetic 0,1% căreia i se adaugă NaOH în concentrație de 0,1% pînă cînd se ajunge la *p*H-7), seringă de 1 ml prevăzută cu un ac foarte subțire, sursă de curent și excitator electric, cilindru de înregistrat.

Mod de lucru ● Se pregătește circuitul electric pentru excitare, folosind un excitator fix cu brațele mai mari. Se fac două preparate neuromusculare cu nervii detașați pe lungimea maximă, cu o mică porțiune din coloana vertebrală. Se fixează preparatele în sistemul de înregistrare conectat fiecare la pîrghia înscriitoare.

Nervii sciatici se așază pe excitator. Se acoperă ambele preparate cu un tampon de vată îmbibată în soluție Ringer.

Se injectează la un mușchi foarte încet, 1 ml din soluția de albastru de bromothymol. La cel de-al doilea se injectează aceeași cantitate de soluție indicator, la care se adaugă 10% din soluția de monoiod-acetat de sodiu.

Se reglează intensitatea excitației la o valoare mijlocie. Se stimulează simultan cele două preparate cu frecvența 60/min și se înregistrează secusele în intensitate pînă la apariția oboselii ambilor mușchi. După 10 min se reiau stimulările și se constată că este capabil de un nou travaliu numai mușchiul II, la care nu s-a format acid lactic datorită acțiunii monoiod-acetatului de sodiu, care inhibă acțiunea catalitică a enzimelor ce intervin în procesele chimice de degradare a glucozei. Se notează diferențele de reactivitate ale celor două preparate I și II și se observă și variația de culoare la cei doi mușchi.

Concluzii

Două observații interesante rezultă din experiență:

a. în condiții de anaerobioză se formează acid lactic a cărui prezență este semnalată de indicatorul injectat în mușchi – albastru de bromothymol – cazul I;

b. degradarea moleculei de glucoză este un proces enzimatic, care poate fi inhibat prin monoiod-acetatul de sodiu, ca urmare acidul lactic nu se mai formează, ceea ce face ca indicatorul să nu-și schimbe culoarea și contracția mușchiului să continue – cazul II.

Oboseala musculară

Fenomenul de oboseală este suprimarea capacității funcționale a organismului după o activitate îndelungată.

Factorii favorizanți ai oboselii sînt : nutriție și circulație sanguină nesatisfăcătoare, suprasolicitare nervoasă și fizică etc.

Înregistrarea fenomenului de oboseală la om se face cu ajutorul ergografelor și a ergometrelor. În mod experimental demonstrăm oboseala pe un preparat neuromuscular gastrocnemian-sciatic de broască efectuînd o ergogramă.

Material necesar : același ca pentru înregistrarea contracțiilor musculare, cîteva greutăți de 50, 100, 200 grame, hîrtie de turnesol și eventual un metronom.

Mod de lucru ● Se pregătește un preparat neuromuscular gastrocnemian-sciatic și se montează la fel ca pentru înregistrarea unei secuse musculare. Spre a grăbi apariția fenomenului de oboseală se obligă mușchiul să ridice, la fiecare contracție o greutate de 50—100 g, agățată de brațul rezistenței pîrghiei înscriitoare.

Se excită preparatul cu un ritm de aproximativ 10 stimuli pe secundă. Se înregistrează amplitudinea contracției pe suprafața plană a kimografului improvizat. Se constată că amplitudinea contracției scade treptat pînă nu se mai înregistrează nimic (fig. 45). Reluîndu-se după un timp excitațiile, se observă că mușchiul și-a redobîndit, în parte, capacitatea de lucru.

Cînd mușchiul a ajuns complet epuizat se secționează transversal, aplicîndu-se pe suprafața de secțiune o hîrtie albastră de turnesol. Aceasta se înroșește, datorită reacției acide a țesutului muscular prin acidul lactic, pe cînd la un mușchi neobosit se indică o ușoară alcalinitate.

● Pe aceeași instalație ca în cazul precedent se montează un nou gastrocnemian-sciatic. Se excită mușchiul cu o salvă de stimuli electrici, așa cum se face pentru teta-

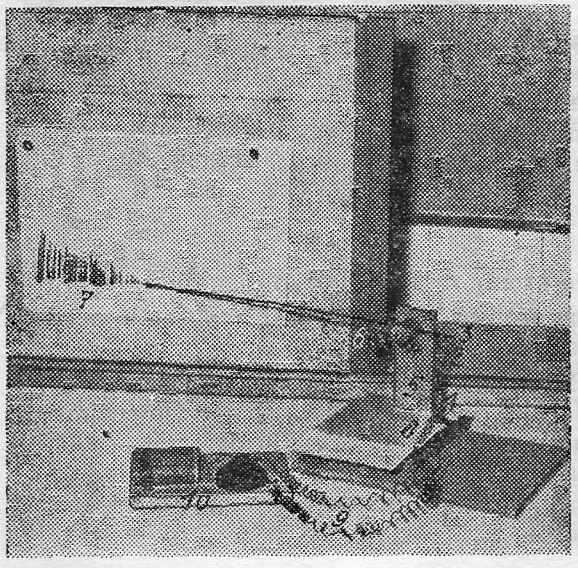


Fig. 45.

Instalație pentru înscrierea oboselii musculare :

1 — mușchi gastrocnemian de broască ;
2 — fir de ață cu care se leagă mușchiul de capătul scurt al pîrghiei (3) ;
4 — rolă de lemn ;
5 — suport ;
6 — greutate ;
7 — ergogramă ;
8 — excitator ;
9 — conductori ;
10 — sursă de curent.

nos complet (v. p. 62) un timp îndelungat. Se observă că muşchiul începe a se relaxa progresiv şi starea de tetanos se reduce, cu toate că stimularea sa continuă. Muşchiul obosit a devenit deci inexcitabil.

● Oboseala musculară poate fi înregistrată uşor la om pe muşchiul flexor al degetului mediu, cu ergograful Mosso. În lipsa lui se poate improviza un ergograf astfel : se deblochează capătul înfundat al unui penar astfel încît capacul să poată aluneca în afara lui. La un centimetru de extremităţile capacului, axial, se face un orificiu prin care se fixează strîns cîte un capăt de sfoară. La una din cele două sfori cu o lungime de aproximativ 25 cm se face un laţ sau i se leagă un inel prin care să poată trece un deget. Cealaltă sfoară trebuie să fie de trei ori mai lungă, iar la capătul liber i se pune un cîrlig de care să se poată atîrna o greutate de 1 kg. Cu două cuie se fixează penarul de postamentul planşetei, pentru înregistrare. Se potriveşte în mijlocul capacului penarului o tijă metalică curbată, cu care să se poată înscrie pe planşetă deplasările acesteia. Întreaga instalaţie se aşază pe o masă, astfel ca firul cu greutatea să poată aluneca pe marginea ei (fig. 46).

Pentru înregistrare se procedează astfel : subiectul se aşază pe un scaun lîngă masă şi introduce indexul mîinii drepte în laţul sau inelul sforii scurte ; cu mîna stîngă se fixează mîna dreaptă pe masă la o depărtare de penar, care să permită indexului să tracţioneze în mod ritmic greutatea. Se îmbibă cu cerneală glicerinată tamponaşul de vată din capătul tijei şi se potriveşte o coală de hîrtie pe planşetă. Hîrtia va fi manevrată de un ajutor care o va deplasa cîte puţin în sus sau în jos după fiecare excursie a tijei, deci, după fiecare contracţie şi relaxare a muşchilor degetului. Ritmul contracţiei trebuie să fie de circa 30 pe minut. În acest mod se poate înscrie o ergogramă care este specifică fiecărui elev.

Se observă că pe măsură ce oboseala se instalează, amplitudinea contracţiilor scade. Unind printr-o linie vîrfurile contracţiilor înregistrate se obţine o linie oblică care formează cu abscisa un unghi cu atît mai ascuţit cu cît durata travaliului a fost mai mare. Fiecare persoană înscrie o ergogramă caracteristică, dovedind prin aceasta că oboseala este un fenomen complex, dependent de tonusul nervos şi capacitatea de lucru.

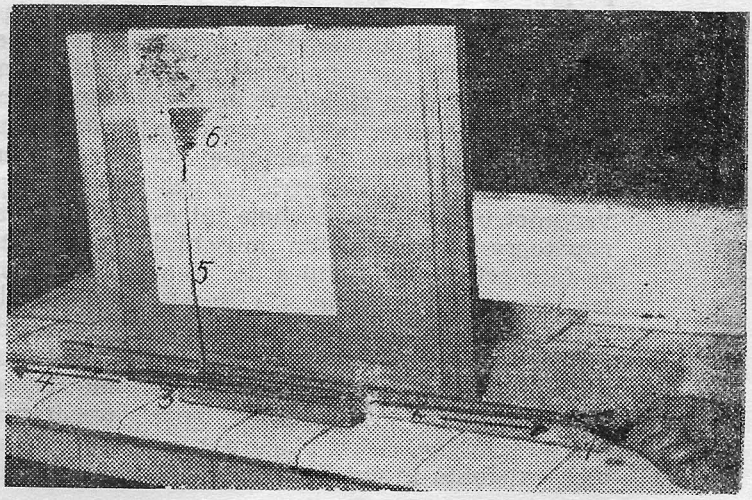


Fig. 46.

Ergograf improvizat :

1 – degetar (confecţionat din piele sau din doc) ;
2 – sfoară ;
3 – penar în capacul căruia este fixată tija (5) înscriitoare ;
6 – graficul obţinut. Hîrtia nu se fixează pe planşetă, ci se ridică încet de către un elev.

Oboseala se produce întîi la nivelul centrilor nervoşi, motori, apoi la nivelul sinapselor neuromusculare şi în urmă la nivelul efectorilor.

● *Fenomenul de oboseală la nivelul centrilor nervoşi* poate fi demonstrat pe o broască spinală la care se face un preparat neuromuscular „in situ". Se disociază şi se secţionează nervul sciatic contralateral.

Se excită succesiv capătul central al nervului sciatic contralateral, pînă cînd muşchiul nu se mai contractă. Se poate trage concluzia că muşchiul a obosit. Pentru verificare se excită nervul propriu muşchiului şi se constată că acesta este capabil să efectueze în continuare un travaliu susţinut. Aceasta dovedeşte că impulsurile aferente provocate prin excitarea capătului central al sciaticului contralateral nu s-au mai propagat prin centrii medulari.

● *Fenomenul de oboseală la nivelul sinapselor neuromusculare* se poate demonstra prin următoarea experienţă : un preparat neuromuscular este excitat indirect şi în mod repetat pînă se obţine starea de oboseală adică nu se mai pot determina contracţii ; dacă este stimulat în continuare direct cu electrozii introduşi în masa musculară poate să se mai contracte un timp destul de îndelungat.

Fenomene bioelectrice ale contracţiei

Demonstrăm prezenţa biocurenţilor în ţesutul viu utilizînd preparate neuromusculare.

Potenţialele de repaus şi de acţiune pot fi puse în evidenţă cu ajutorul unui galvanometru şi pe cale biologică cu laba galvanoscopică.

Material necesar : broaşte, trusă de disecţie, galvanometru, conductori electrici, excitator, ser fiziologic, placă de sticlă, vată, cuplu metalic Zn/Cu.

Mod de lucru ● Se face un circuit pentru excitarea nervului şi un preparat neuromuscular gastrocnemian-sciatic care se pune pe o placă de sticlă ; se secţionează muşchiul la jumătate, iar nervul se trece peste excitator. Apoi se stabileşte al doilea circuit electric între suprafaţa longitudinală şi cea de secţiune, intercalînd pe traseul electric un galvanometru sensibil şi o cheie întrerupătoare. Contactul cu muşchiul se face prin intermediul a doi electrozi impolarizabili (fig. 47). Se observă că de cîte ori se închide cheia, acul galvanometrului oscilează indicînd trecerea biocurentului dinspre suprafaţa longitudinală spre cea de secţiune. Acest biocurent indică existenţa în condiţii de repaus a unei variaţii de potenţial între suprafaţa externă şi cea de secţiune. De aici, denumirea de curent de repaus sau de leziune, pentru că un electrod se găseşte pe suprafaţa lezată a muşchiului. După direcţia curentului se stabileşte că suprafaţa externă a muşchiului este pozitivă, iar suprafaţa sa de secţiune este negativă. Biocurenţii în condiţii de repaus sînt determinaţi de procesele biochimice metabolice ale ţesutului viu şi care nu efectuează un travaliu aparent.

Închidem cheia şi urmărim intensitatea deplasării acului galvanometric, care este dependentă de intensitatea biocurentului de repaus ; apoi se excită nervul, muşchiul se contractă şi, ca urmare, acul galva-

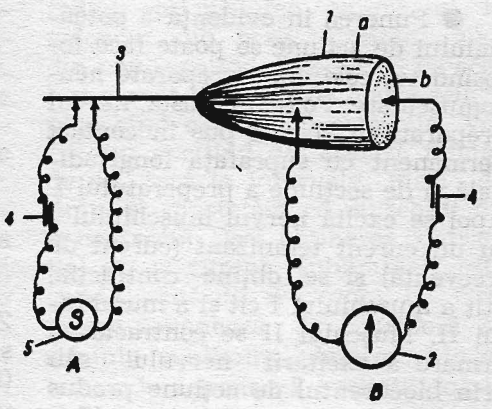


Fig. 47.

Schema instalației electrice pentru excitarea nervului (*A*) și circuitul electric între galvanometru și suprafețele mușchiului secționat (*B*) :

1 – mușchi gastrocnemian ;
a – suprafață longitudinală ;
b – suprafață transversală ;
2 – galvanometru ;
3 – nerv ;
4 – cheie întrerupătoare ;
5 – sursă de curent.

nometric deviază în sens invers. Aceasta arată că în timpul contracției mușchiului, sensul polarizării celor două suprafețe s-a modificat, cea externă devenind negativă, iar cea internă, pozitivă. Biocurentul pus în evidență în condiții de activitate este numit curent de acțiune.

Laba galvanoscopică

Material necesar : o broască, instrumente de disecție, o placă de sticlă, baghete de sticlă, ser fiziologic, vată, circuit electric pentru excitarea nervului.

Mod de lucru ● Se fac două preparate neuromusculare din care unul are nervul disociat pînă la origine (II) cu rol de labă galvanoscopică. Preparatul cu nervul mai scurt (I) are rol de sursă de biocurent.

Secționăm transversal, în treimea inferioară gastrocnemianul (I). Servindu-ne de două baghete de sticlă ținem în contact o porțiune a nervului sciatic de la laba galvanoscopică (II) cu suprafața de secțiune a primului preparat neuromuscular (I).

Cu ajutorul altei baghete de sticlă ridicăm capătul nervului labei galvanoscopice și facem contactul cu suprafața longitudinală a mușchiului (I). În acest moment, prin intermediul nervului, între suprafața de secțiune (electronegativă) și suprafața longitudinală (electropozitivă) se închide circuitul biolectric al curentului de repaus existent în primul preparat. Ca urmare se produce excitarea nervului respectiv care declanșează contracția mușchiului II al labei galvanoscopice (fig. 48).

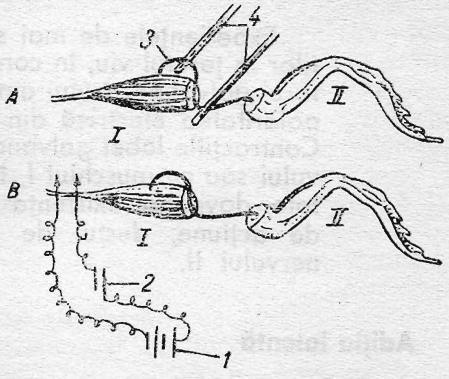


Fig. 48.

Laba galvanoscopică :

***A* – excitarea prin curentul de repaus ;**
***B* – excitarea prin curentul de acțiune :**
1 – sursă de curent ;
2 – întrerupător ;
3 – excitator ;
4 – baghete.

● Punerea în evidenţă a potenţialului de acţiune se poate face folosind tot cele două preparate neuromusculare. Pentru aceasta, nervul preparatului II este pus în contact permanent cu suprafaţa longitudinală şi de secţiune a preparatului I. Apoi se excită nervul muşchiului I cu un curent tetanizant (curent de frecvenţă) şi se obţine contracţia, atît a muşchiului I cît şi a muşchiului II. Muşchiul II se contractă ca urmare a excitării nervului său prin biocurentul de acţiune produs în timpul contracţiei muşchiului I.

Experienţa lui Galvani

Mod de lucru ● Un preparat neuromuscular gastrocnemian sciatic de pe care s-a îndepărtat tegumentul este aşezat pe o lamă de sticlă. Un cuplu metalic format din două metale, o sîrmă de Cu şi de Zn este aplicat cu un braţ pe nerv şi cu celălalt se atinge muşchiul (fig. 49). Se observă că de cîte ori se aplică şi se îndepărtează metalul de pe muşchi se produce o contracţie evidentă.

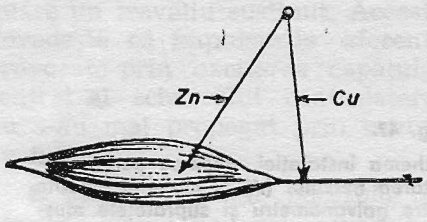


Fig. 49.

Galvani a considerat că muşchiul şi nervul sînt încărcaţi cu sarcini electrice contrarii, care se pun în legătură prin intermediul cuplului metalic, şi astfel se închide un circuit electric care provoacă excitarea nervului şi, ca urmare, contracţia.

Contemporanul lui, Volta, a combătut aceste interpretări considerînd că diferenţa de potenţial se realizează între cele două metale diferite sau între metal şi ţesut. Disputa celor doi savanţi a condus pe Volta la descoperirea pilei electrice, iar pe Galvani la aceea a biocurenţilor.

Concluzii

Experienţele de mai sus pun în evidenţă existenţa biocurenţilor în ţesutul viu, în condiţii de repaus şi de activitate. Cu ajutorul galvanometrului am demonstrat că în condiţii de activitate polaritatea electrică din timpul stării de repaus se inversează. Contracţiile labei galvanoscopice (II) obţinute prin contactul nervului său cu muşchiul I, în stare de repaus şi în stare de activitate, dovedesc existenţa în acesta a biocurentului de repaus şi de acţiune, destul de intens pentru a determina excitarea nervului II.

Adiţia latentă

Prin adiţie latentă se înţelege fenomenul de însumare a efectelor determinate de stimuli subliminali care acţionează cu o frecvenţă mare. Se poate demonstra astfel :

Material necesar : broască, instrumente, reofori, excitator fix, pîrghie de amplificare, bobină de inducţie, sursă de curent 5—8 V (transformator de sonerie), cheie întrerupătoare.

Mod de lucru ● Se face mai întîi instalaţia necesară pentru fixarea preparatului neuromuscular. Realizăm circuitul electric între sursa de curent —→ cheie —→ bobina primară, şi circuitul între bobina secundară —→ excitator. Folosim în circuitul electric bobina de inducţie pentru a putea grada intensitatea curentului indus la valori variabile de prag şi sub prag. Se face un preparat neuromuscular.

Se conectează preparatul neuromuscular, cu pîrghia şi se aplică nervul peste excitator. Experimentarea începe prin stabilirea întîi a unui curent cu valoare de prag. În acest caz se tot apropie bobina secundară de cea primară ; se excită şi se apreciază intensitatea contracţiei. Cînd s-a stabilit intensitatea care determină contracţia cea mai redusă, putem să considerăm că avem valoare de prag. Se notează distanţa dintre cele două bobine şi apoi se măreşte distanţa pentru a reduce intensitatea curentului la valoarea sub prag. Excităm apoi din nou repetînd de 2—5 ori cu acelaşi curent la intervale foarte scurte pînă cînd obţinem o cotracţie. Verificăm excitînd de acelaşi număr de ori, însă la intervale mari de timp, şi constatăm că muşchiul nu se contractă. Deci, obţinerea contracţiei cu un curent subliminal este condiţionată de frecvenţa cu care acesta acţionează. Se consideră că stimulii subliminali determină la locul unde acţionează excitaţii foarte slabe care nu se pot propaga prin nerv spre muşchi şi deci nu pot produce o contracţie. Această excitaţie locală slabă poate fi însă intensificată prin repetarea acţiunii excitantului la scurte intervale de timp, înainte ca efectul excitaţiei locale anterioare să se fi anulat şi numai cînd acesta se intensifică suficient se va putea propaga prin nerv şi va determina contracţia muşchiului.

SISTEMUL NERVOS

A. STUDIUL ORGANIZĂRII GENERALE A SISTEMULUI NERVOS CENTRAL PRIN DISECȚIA UNUI MAMIFER

Întrucît organele sistemului nervos central sînt adăpostite în interiorul craniului și al canalului vertebral, pentru observarea lor este necesar să se deschidă, mai întîi, aceste cavități osoase, dure și rezistente. O asemenea operație este foarte dificilă, cînd este vorba de animale mari și bătrîne. În asemenea cazuri se lucrează cu ferăstrăul, dalta și ciocanul. Dacă se lucrează însă cu mamifere mici și tinere, intervenția este ușoară și se poate face destul de bine cu instrumentele obișnuite de disecție. Pentru demonstrațiile din școală sînt recomandabile, mai ales, disecțiile pe cadavre proaspete de diferite mamifere mici.

Material necesar : un mamifer mic sau mijlociu, de exemplu, un iepure, instrumente de disecție și eventual un ferăstrău mic cu lama subțire, planșetă sau tavă de disecție. Iepurele se sacrifică prin narcoză avansată sau prin sîngerare.

Mod de lucru ● După sacrificare, animalul este așezat pe masa de disecție cu fața ventrală în jos și se fixează prin legarea membrelor de marginile mesei. Se trece cu un tampon de vată umed în lungul liniei median dorsale pentru a se umezi bine blana. Se desparte o cărare la mijloc, în lungul căreia se taie tegumentul cu bisturiul sau cu un foarfece, din vîrful botului pînă la coadă. Se jupoaie apoi tegumentul de ambele părți și se trece la îndepărtarea musculaturii, pînă ce se degajează bine craniul și coloana vertebrală.

Cu ferăstrăul sau foarfecele se face o tăietură circulară a oaselor craniului după un plan orizontal ce trece pe deasupra orbitelor și se ridică calota craniană. Encefalul apare acoperit de meninge.

Pentru a degaja măduva spinării se introduce vîrful ascuțit al unui foarfece tare în canalul vertebral, se secționează arcurile vertebrale pe dreapta și stînga și se îndepărtează cu pensa rînd pe rînd. În cîmpul operator măduva apare de culoare albă-sidefie **(planșa II).**

Pentru a observa rădăcinile nervilor rahidieni și cranieni este necesar să se ridice, cu precauție, axul cerebrospinal de pe patul său osos. Se pot vedea bine rădăcinile nervilor spinali, mai ales din regiunea terminală a măduvei spinării. Cu un foarfece fin și cu ajutorul unei pense cu gheare se procedează la îndepărtarea meningelor, de pe întregul ax cerebrospinal. Se atrage în acest timp atenția elevilor pentru a observa meningele.

Se văd pe partea dorsală bulbii olfactivi, emisferele cerebrale, epifiza, cerebelul, partea caudală a trunchiului cerebral cu bulbul rahidian și măduva spinării **(planșa II și planșa III).** Ridicînd ușor partea occipitală a emisferelor cerebrale și trăgînd puțin îndărăt cerebelul apar coliculii cvadrigemeni.

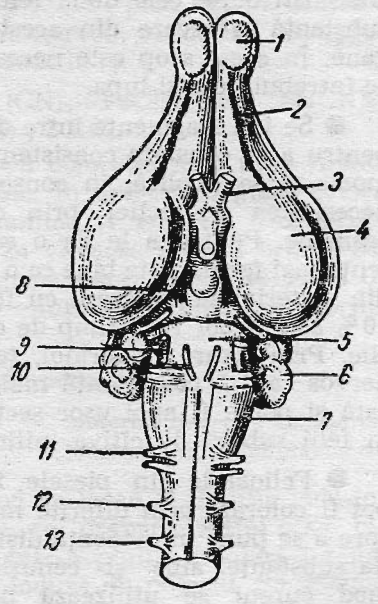


Fig. 50.

Encefal de iepure (morfologia externă a părții ventrale) :

1 – bulbul olfactiv ;
2 – tractul olfactiv ;
3 – chiasma optică ;
4 – emisfera cerebrală ;
5 – puntea lui Varolio ;
6 – cerebelul ;
7 – bulbul rahidian ;
8 – nervul oculomotor ;
9 – nervul facial ;
10 – nervul abducens ;
11 – nervul hipoglos ;
12 și *13* – primii nervi cervicali.

Ventral se pot vedea părțile inferioare ale lobilor olfactivi și emisferele cerebrale, nervii optici și chiasma lor, hipofiza, pedunculii cerebrali, protuberanța inelară (puntea lui Varolio), părțile latero-inferioare ale cerebelului, bulbul și măduva spinării. Disecînd cu răbdare și observînd cu atenție se pot identifica și rădăcinile nervilor cranieni (fig. 50).

Din sistemul nervos periferic se recomandă disocierea nervului sciatic cu principalele sale ramificații.

B. STRUCTURA MACROSCOPICĂ A ORGANELOR NERVOASE

Pentru studiul unor detalii structurale ale organelor nervoase ar putea servi materialul disecat în cursul lucrării precedente, dar organele nu au un volum destul de mare spre a fi adecvate studiului structurii. Pentru studiul măduvei spinării și encefalului se pot folosi mai bine măduvă și encefal procurate de la abator.

Material necesar : o bucată de spinare (de 10—15 cm) și un encefal complet de vită (preferabil de vițel), ferăstrău, cuțit, instrumente de disecție, lupă.

1. Izolarea măduvei spinării

Mod de lucru ● Pentru evidențierea structurii măduvei spinării se poate proceda în felul următor : se ia o bucată de spinare lungă de 10—12 cm și fără nici o operație prealabilă se apucă meningele cu pensa și se trage încet afară din canalul vertebral. În cazul cînd se întîmpină o rezistență, aceasta poate fi lichidată cu un instrument fin și bine ascuțit introdus între meninge și peretele osos, cu care se secționează bridele ce opun rezistență.

● Se examinează meningele, apoi se face o secțiune în lungul durei-mater și se îndepărtează parțial manșonul format de aceasta. Se observă structura de rezistență a acestei membrane și modul cum înconjură măduva și rădăcinile nervilor spinali. După îndepărtarea meningelui se identifică șanțurile longitudinale și rădăcinile nervilor spinali. Pe o secțiune transversală se poate vedea cu ochiul liber modul cum sînt dispuse cele două feluri de substanțe nervoase : albă la exterior și cenușie (de fapt mai mult de culoare roză decît cenușie) la interior, în forma literei H.

2. Observarea organelor cerebrale

Mod de lucru ● Pe encefalul proaspăt adus de la abator se cercetează întîi morfologia externă a părții dorsale și apoi a celei ventrale. Se identifică principalele segmente : bulbul rahidian, puntea lui Varolio, cerebelul, colicului cvadrigemeni, epifiza, emisferele cerebrale, rădăcinile nervilor cranieni și hipofiza.

● Se fac apoi secțiuni prin bulb, prin cerebel și prin emisferele cerebrale. Se examinează modul cum sînt distribuite cele două feluri de substanță în fiecare din aceste organe. În acest scop este necesar să se întrebuințeze și lupa.

● Se iau fragmente între degete pentru a se constata consistența lor moale și se explică, în consecință, necesitatea protecției prin oasele craniene. Pentru a le da o consistență mai fermă, este bine ca o parte din material să se fixeze cu formol 10% sau alcool 70% timp de cîteva zile. Prin fixare în formol, țesutul nervos capătă consistență mai ridicată și poate fi apoi ușor secționat în felii subțiri de cîțiva milimetri.

● Felioarele din piesele fixate pot fi colorate prin diferite metode spre a se pune în evidență distribuția substanței albe și cenușii. În mod curent se utilizează pentru acest scop cîte două substanțe chimice : una care impregnează, cealaltă cu care se colorează. Impregnarea celor două feluri de substanțe nervoase se face cu totul inegal, deoarece substanța cenușie este foarte ușor permeabilă, pe cînd cea albă, datorită prezenței mielinei, este pătrunsă foarte greu. Colorarea se datorează diferenței de intensitate a reacției de culoare dintre substanța chimică difuzată în țesut și cealaltă substanță. Descriem mai jos două dintre aceste procedee :

Colorarea cu albastru de Berlin

Material necesar : soluție acidulată de clorură ferică 1%, soluție de ferocianură de potasiu 0,1%, felii de organe nervoase fixate în formol 10% cel puțin 24 ore, tăvițe smălțuite (sau castroane, farfurii, vase de sticlă), soluție de amoniac 1%, acid clorhidric diluat 0,5%.

Mod de lucru ● Se spală cu apă feliile scoase din formol și apoi se trec într-o baie de clorură ferică 1% în care se țin timp de 30 s. Se scot, se spală rapid cu apă, după care se trec printr-o baie de ferocianură de potasiu 0,1%. Se agită vasul prin înclinări încete în care timp se urmărește cu atenție apariția și dezvoltarea colorației albastre. Cînd se ajunge la intensitatea dorită se scoate piesa și se spală bine cu apă. Substanța cenușie a organului nervos se colorează intens în albastru, cea albă mai slab **(planșa IV).**

Explicație : prin reacția dintre cele două substanțe care au pătruns în țesutul nervos se obține un precipitat-albastru de Berlin (de Prusia) după reacția :

$K_4Fe(CN)_6 + FeCl_3 \rightarrow FeK[Fe(CN)_6]$ (ferocianură ferică sau albastru de Berlin) + 3 KCl.

Dacă coloraţia este prea intensă ea poate fi slăbită prin spălare cu amoniac. În acest caz, piesa colorată se introduce într-o baie cu soluţie de amoniac şi se agită uşor prin înclinări repetate. Culoarea albastră trece în violacee şi apoi brună. Spre a se recolora în albastru (mai slab de data aceasta) se scoate piesa din soluţia de amoniac şi se trece apoi într-o soluţie diluată de acid clorhidric.

Colorarea cu iod

Material necesar : soluţie de amidon, soluţie de iod în KI (soluţie iodo-iodurată), felii din organe nervoase fixate în formol, vase.

Mod de lucru ● Soluţia iodo-iodurată se prepară astfel : se pisează într-o piuliţă (mojar) 1 g iod şi 2 g iodură de potasiu. Se adaugă cîţiva mililitri de apă distilată. Se varsă într-un tub gradat şi se completează cu apă distilată pînă la 100 ml. Soluţia astfel obţinută se poate dilua cu apă distilată pînă la de 10 ori. Se aşază piesa de ţesut nervos într-o baie cu soluţie de amidon în care se păstrează 24 de ore. Apoi se scoate şi se spală într-un curent de apă timp de 2—3 min. Se trece într-o baie cu soluţie iodo-iodurată şi se ţine acolo pînă la apariţia şi precizarea unei coloraţii violacee care este mai intensă în substanţa cenuşie.

C. STRUCTURA MICROSCOPICĂ A ORGANELOR NERVOASE

Pentru studiul structurii microscopice a organelor nervoase recomandăm preparatele fixe obţinute prin dotare de la Oficiul central pentru mijloace de învăţămînt. Paralel cu descrierea morfologică a diferitelor organe nervoase, aceste preparate trebuie cercetate de elevi şi interpretate cu ajutorul profesorului.

Material necesar : o broască, instrumente de disecţie, lamă şi lamele, ace spatulate de disociat, soluţie de albastru de metilen, microscop, ser fiziologic, glicerină.

Mod de lucru ● Se paralizează broasca şi se izolează un nerv sciatic. O porţiune din acesta, de 2—3 cm lungime, se pune pe o lamă de sticlă curată într-o picătură de ser fiziologic. Se ţine fix un capăt al segmentului cu un beţişor de chibrit şi cu un ac fin se trage în lungul nervului spre a desträma ţesătura conjunctivă. În continuare se iau două ace cu care se face desprinderea fibrelor nervoase unele de altele şi se acoperă cu lamela pentru a putea fi examinat la microscop. Spre a obţine rezultate mai bune se tratează preparatul cu o soluţie de albastru de metilen în ser fiziologic şi apoi se aşază sub un pahar unde se ţine timp de 15—30 min. După aceasta se spală preparatul cu ser fiziologic pentru a se înlătura colorantul în exces, se

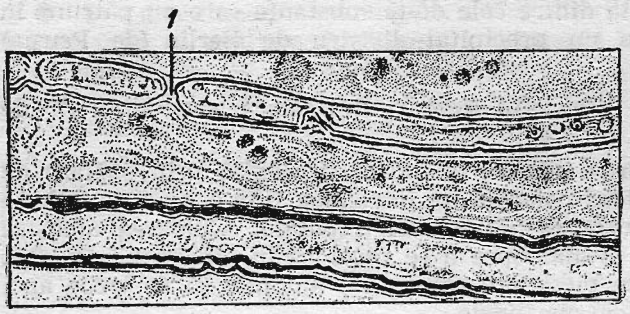


Fig. 51.
Fibre nervoase disociate văzute la microscop :
1 – gîtuiturile Ranvier.

aplică o picătură de glicerină şi se acoperă cu lamela. Examinînd la microscop, fibrele nervoase se disting foarte clar (fig. 51).

a. Observarea fibrei nervoase

Se poate aprecia numărul foarte mare de fibre nervoase care intră în alcătuirea unui nerv.

În urma unei demonstraţii de acest fel, elevii rămîn cu imaginea precisă despre deosebirea dintre un nerv şi o fibră nervoasă, precum şi despre structura generală a acestora. Este bine să se menţioneze că fibrei nervoase i se vede de fapt conturul tecii de mielină şi tecii Schwann, că axoplasma se găseşte în interiorul tecii, că se disting gîtuiturile Ranvier.

b. Disocierea celulelor nervoase din coarnele anterioare ale măduvei spinării

Material necesar : bucăţi de 4—5 mm de măduvă cervicală de vacă, instrumente de disecţie, lame, lamele, microscop, apă distilată, alcool de 30°, glicerină şi soluţie picro-carmin sau alt colorant vital.

Mod de lucru ● Bucăţile de măduvă cervicală de vacă se introduc în alcool de 30° unde se ţin 24 de ore. Se vor preleva cu un scalpet fragmente mici de substanţă cenuşie din regiunea coarnelor anterioare, care se introduc într-o eprubetă. Se adaugă soluţie de picrocarmin diluat de 2—3 ori. Se scutură bine eprubeta pentru a se produce o disociere a ţesutului după care se lasă în repaus să se decanteze. Supernatantul este îndepărtat şi se spală cu apă distilată de 3—4 ori. După îndepărtarea apei din sediment se va lua cu pipeta o picătură care se pune pe lamă într-o picătură de glicerină sau de apă distilată. Se acoperă cu lamela şi se presează lent. Se observă la microscop, căutînd să se identifice componentele celulei nervoase.

D. PROPRIETĂŢILE NERVILOR

Principalele proprietăţi ale nervilor sînt excitabilitatea şi conductibilitatea, care pot fi demonstrate astfel :

Material necesar : o broască, instrumente de disecţie, vată, ser fiziologic, ace, eter, dispozitiv de excitare electrică.

Mod de lucru ● Se pregăteşte mai întîi instalaţia electrică pentru excitare. Se pregăteşte apoi o broască spinală prin distrugerea

creierului, măduva rămînînd intactă. Se fixează cu un ac unul dintre membrele posterioare în extensie și se disecă nervul sciatic de la acesta, pe o lungime de 3 cm ; în cursul operației se evită hemoragia. Se trece un fir de ață pe dedesubtul nervului, capetele firului de ață se înnoadă formînd un laț în jurul nervului. Am efectuat astfel un preparat neuromuscular *in situ*.

Se susține nervul cu ajutorul firului de ață și se excită. Se produce o mișcare a piciorului respectiv, fapt ce arată că impulsul care a luat naștere s-a transmis mușchiului pe care acesta îl inervează. Au fost demonstrate astfel excitabilitatea și conductibilitatea nervilor.

● Conductibilitatea nervilor poate fi suprimată prin acțiunea unor factori. Pentru a demonstra aceasta procedăm astfel : aplicăm în jurul porțiunii mijlocii a nervului un tampon îmbibat cu eter sau cloroform și-l lăsăm acolo cîteva minute. Întreținem starea de imbibiție umectînd în continuare tamponul cu eter sau cloroform, care se volatilizează rapid. Din timp în timp excităm nervul de o parte și de cealaltă a tamponului cu eter (cloroform) (fig. 52).

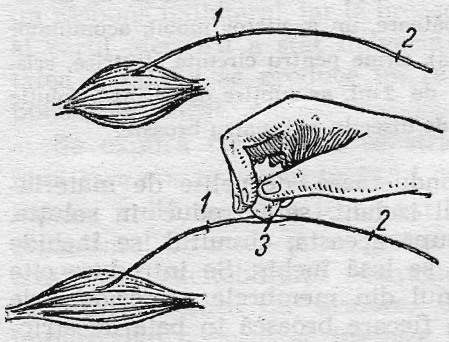


Fig. 52.

Demonstrarea conductibilității nervoase :

1 – punct de excitare proximală ;
2 – punct de excitare distală ;
3 – porțiune în care se suprimă conductibilitatea nervului.

Constatăm, destul de repede, că excitarea distală a nervului nu mai provoacă contracția, pe cînd, stimularea porțiunii proximale determină contracția. Dacă excitarea distală se face cu un curent mai puternic, obținem un răspuns al membrului contralateral sau generalizat. Faptul se explică prin aceea că nervul sciatic, nerv mixt, conține fibre motorii și fibre senzitive, în care iau naștere impulsuri care se propagă centripet la centrii medulari motori simetrici sau la centrii motori superiori și inferiori. În acest caz se obține stimularea altor efectori musculari, în afară de cei care sînt în relații neuromusculare directe cu nervul excitat.

Rezultate identice se obțin și dacă în locul tamponului cu eter sau cloroform — substanțe chimice cu rol anesteziant — utilizăm un agent termic, de pildă răcirea, prin aplicarea unui cristal de gheață. Și într-un caz și în altul a fost suprimată conductibilitatea nervoasă, deși nervul, structural, își păstrează integritatea. Se îndepărtează tamponul cu eter în timp util și se constată că ulterior se obține prin excitare o contracție.

Suprimarea conductibilității este deci temporală și reversibilă, deoarece, după îndepărtarea agentului inhibitor în timp util, se constată că excitarea nervului în porțiunea distală provoacă contracția mușchiului.

● Propagarea curentului electric printr-un nerv lezat este posibilă spre deosebire de propagarea impulsului nervos care în zona lezată este blocat. Se poate demonstra astfel :

se folosește preparatul neuromuscular cu nervul detașat pe lungime mai mare. Se pune pe o lamă de sticlă și nervul se trece peste cei doi electrozi ai unui curent electric continuu de intensitate medie. Se

constată răspunsul mușchiului dat prin contracție atît la stabilirea cît și la întreruperea curentului, apoi se secționează nervul în spațiul dintre electrozi. La stabilirea circuitului, excitarea are loc la catod și se obține o contracție numai dacă catodul este situat proximal de mușchi. La întreruperea circuitului excitarea are loc la anod, acesta fiind situat distal ; impulsul nu se poate transmite prin nerv și mușchiul nu se contractă. Experiența aceasta ne arată că există o deosebire esențială între posibilitatea propagării curentului electric și a impulsului nervos prin nervul lezat.

Propagarea undei nervoase este un fenomen activ, care necesită o activitate metabolică adecvată a țesutului viu spre deosebire de propagarea curentului electric, care se poate transmite prin țesutul nervos lezat, lipsit de procese metabolice.

Concluzii

a. Conducerea impulsurilor necesită păstrarea integrității structurale și fiziologice a fibrelor nervoase.

b. Excitația care se transmite în lungul unei fibre nervoase nu se transmite la fibrele adiacente din același trunchi nervos.

c. În fiecare nerv mixt excitația se propagă în sens centrifug prin fibrele motoare și centripet prin fibrele senzitive.

E. ACȚIUNEA TONOGENETICĂ A STRICNINEI ASUPRA CENTRILOR NERVOȘI

Unele substanțe chimice modifică excitabilitatea țesutului nervos și acționează diferențiat asupra centrilor nervoși și a nervilor. Printre acestea menționăm stricnina, alcaloid extras din genul Strychnos, arbore ce trăiește în regiunile tropicale din Asia și Africa. Vom prezenta trei experiențe din care să reiasă acțiunea fiziologică a stricninei.

Material necesar : stativ universal, vergea metalică, cîrlige de sîrmă, bobină de inducție, două întrerupătoare, un excitator mobil, acumulator de 4 volți (sau baterie de lanternă), sîrme pentru circuite electrice, cristalizor, clopot de sticlă, seringă de 2 ml, ac subțire de seringă, soluție de sulfat de stricnină 0,5%, trusă de disecție, ață, patru broaște.

Mod de lucru ● Se fixează în stativul universal o vergea metalică în poziție orizontală. Se pregătesc două broaște decerebrate și cu ajutorul cîrligelor de sîrmă care se înfig în mandibulă se fixează în stativ. Se pune în cristalizor o cantitate suficientă de sulfat de stricnină 0,5% prin care facem să treacă un curent electric continuu. În acest scop se face un circuit ca în figura 53, iar capetele firelor conductoare, dezvelite de materialul izolant, se introduc în soluție. După aceasta, circuitul se închide și se lasă închis. Se introduce cîte unul din membrele posterioare de la fiecare broască în baia de stricnină prin care trece curentul electric ca în figura 53. Se are în vedere ca membrul posterior al unei broaște să fie situat în vecinătatea anodului, iar al celeilalte, în vecinătatea catodului. Sub influența cu-

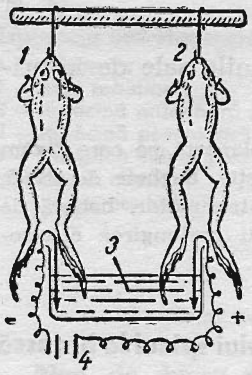


Fig. 53.

Acțiunea tonogenetică a stricninei :

1 și *2* – broaște spinale (cu secțiune la nivelul bulbului) ;
3 – vas cu soluție de sulfat de stricnină ;
4 – sursă de curent continuu.

rentului se produce o disociere a sulfatului de stricnină ; radicalul SO_4^{--} se duce la anod, iar stricnina, la catod. După 10—15 min se scot picioarele din soluția de stricnină și se controlează gradul de excitabilitate al ambelor broaște, excitînd membrana interdigitală cu un curent de inducție de intensitate mică. La broasca al cărei membru a stat în vecinătatea anodului, se obține un răspuns unilateral, iar la broasca al cărui membru a stat în vecinătatea catodului se produce un răspuns generalizat.

Se explică prin aceea că stricnina care s-a acumulat în jurul catodului a difuzat prin tegument în organismul broaștei și a provocat creșterea excitabilității centrilor nervoși medulari. Ca urmare, un impuls slab a putut să iradieze în numeroși centri nervoși provocînd reacții generalizate.

● Se ia o broască și i se injectează în sacii limfatici dorsali o cantitate de 0,2—0,3 ml soluție de sulfat de stricnină 0,5 % (în funcție de mărimea broaștei). Se descoperă apoi sciaticul la unul din membrele posterioare, se trece un fir de ață pe sub el și se leagă, se secționează nervul deasupra legăturii (capătul periferic să rămînă în contact cu firul de ață). După circa 10—15 min se încearcă gradul de excitabilitate al animalului : a) se excită tegumentul și se obține un răspuns generalizat ; b) se excită nervul și se obține o mișcare slabă a membrului respectiv.

Prin aplicarea excitatorului pe tegument sînt excitate terminațiile nervoase senzoriale. Pe căile aferente, impulsurile nervoase ajung la centri cerebrospinali al căror tonus nervos este crescut din cauza stricninei injectate. În consecință, impulsurile eferente de la acești centri spre efectori sînt intense și determină un răspuns generalizat. Aplicînd excitatorul pe nerv, se excită direct căile eferente și întrucît stricnina nu acționează asupra nervilor se obține un răspuns obișnuit.

● Se injectează 0,2—0,3 ml sulfat de stricnină în sacii limfatici dorsali ai unei broaște. Se pune broasca sub un clopot de sticlă și după 5—10 min facem să vibreze suprafața mesei prin aplicarea palmei pe masă cu putere. Vibrația produsă este suficientă pentru a determina o contracție tetanică a tuturor mușchilor.

Concluzie

Din cele trei experiențe a rezultat că stricnina crește gradul de excitabilitate și tonicitate al centrilor nervoși și nu influențează gradul de excitabilitate a nervilor.

F. NERVII SPINALI

Pentru a pune în evidenţă nervul spinal şi rădăcinile sale de la originea aparentă şi a-l studia, procedăm astfel :

Material necesar : un iepure sau o broască vie, planşetă pe care fixăm animalul, cloroform sau eter, vată, trusă de disecţie, baghete de sticlă, aţă, sursă de curent şi instalaţie electrică cu întrerupător, bobină de inducţie, excitator mobil şi sîrme de liţă pentru prelungirea electrozilor, ser fiziologic.

Disecţia nervului spinal la iepure

Mod de lucru ● Se face mai întîi un circuit electric prevăzut cu o bobină de inducţie şi un întrerupător. Braţele excitatorului mobil se prelungesc cu două fire de liţă, ale căror capete se taie cu foarfecele la acelaşi nivel şi se apropie între ele, fără să se atingă.

Se face o narcoză profundă, fără a ucide animalul. Se descoperă măduva spinării pe o porţiune destul de mare în regiunea lombosacrală şi se urmăresc rădăcinile nervilor spinali. Se va vedea că fiecare nerv spinal se desprinde din măduvă prin două rădăcini (posterioară sau dorsală şi anterioară sau ventrală), care au originea aparentă în şanţurile colaterale, posterior şi anterior. Pe traseul rădăcinii se va observa ganglionul spinal şi foiţa meningială — dura-mater — care acoperă rădăcinile. Ajunse în dreptul găurii de conjugare dintre două vertebre succesive, rădăcinile se unesc într-un trunchi comun, care este trunchiul nervului spinal. Părăsind canalul vertebral, din trunchi se desprind cele patru ramuri : dorsală, ventrală, comunicantă albă şi meningială al căror traseu poate fi urmărit prin disecţii.

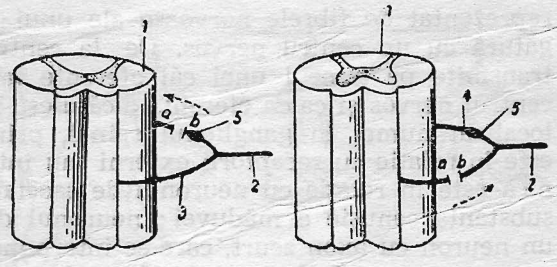
Disecţia nervului spinal la broască

Mod de lucru ● Se anesteziază broasca prin introducerea ei într-un spaţiu limitat împreună cu un tampon de vată îmbibat cu substanţă narcotizantă în doză netoxică ; se face un cornet de hîrtie în care se introduce un tampon de vată îmbibat cu eter sau cu cloroform. Cu acest cornet se acoperă capul broaştei. Se fixează broasca în cuva de disecţie cu partea dorsală în sus. Utilizînd foarfecele şi pensa se îndepărtează tegumentul de pe cap şi regiunea spatelui şi se deschide cutia craniană ; astfel se pune în evidenţă encefalul. Se face mai întîi o secţiune transversală la nivelul orbitelor şi apoi pe părţile laterale, paralel cu axa mediană, pînă la coloana vertebrală. Se îndepărtează oasele temporale, parietale şi occipital. Cu ajutorul bisturiului şi pensei se îndepărtează musculatura de pe laturile apofizelor spinoase. Ţinînd cu pensa de apofiza spinoasă se taie cu foarfecele arcul neural de ambele părţi. Operaţia se face cu un foarfece subţire şi cu multă prudenţă ca să nu se lezeze măduva, care devine vizibilă. În mod satisfăcător poate fi utilizată broasca spinală.

Demonstrarea proprietăţilor rădăcinilor nervului spinal

Proprietăţile rădăcinilor nervilor spinali au fost studiate de Bell în anul 1811 şi de Magendie în 1822, iar generalizările la care au ajuns poartă numele de *Legile lui Bell-Magendie*. Pot fi verificate astfel :

Fig. 54.
Experiența Bell-Magendie :
1 – măduvă ;
2 – nerv rahidian ;
3 – rădăcină anterioară ;
4 – rădăcină posterioară ;
5 – ganglion spinal ;
a – capăt central ;
b – capăt periferic.



Material necesar : cel folosit în lucrarea precedentă.

Mod de lucru ● Ridicînd măduva din patul său cu o baghetă de sticlă trecută pe sub ea, se văd rădăcinile. Se trec pe sub rădăcina dorsală și cea ventrală cîte două fire de ață de culori diferite pentru fiecare rădăcină. Trăgîndu-se ușor de ață, se ridică pe rînd fiecare rădăcină, se excită și se constată o contracție în mușchii membrului respectiv. Se înnoadă apoi pe fiecare rădăcină cele două fire de ață în regiunea mijlocie a rădăcinii și puțin distanțate între ele.

Se taie cu un foarfece fin fiecare rădăcină nervoasă, între cele două noduri și se obține un capăt central rămas în legătură cu măduva și un capăt periferic care prin secționare este detașat de măduvă (fig. 54). Se excită pe rînd :

a) Excitarea capătului periferic al rădăcinii dorsale nu determină contracție.

b) Excitarea capătului central al rădăcinii dorsale produce durere și dacă animalul nu este bine anesteziat (căci între timp efectul anesteziculuia diminuat), animalul se zbate, țipă. De aceea se lucrează cu un curent de intensitate slabă care nu iradiază pînă la centri corticali pentru a produce durere. Rezultă că rădăcina dorsală este senzitivă, formată din fibre prin care influxul nervos este condus în sens centripet.

c) Excitarea capătului periferic al rădăcinii ventrale produce contracții ale mușchilor în care se distribuie fibrele aparținînd acestei rădăcini.

d) Excitarea capătului central al rădăcinii ventrale nu produce nici un efect. Rezultă că rădăcina ventrală este formată din fibre motorii cu originea în măduvă prin care influxul nervos este condus în sens centrifug.

Observație. La mamifere, pe lîngă cele observate la punctele c) și d), uneori se mai constată că excitarea capătului periferic al rădăcinii ventrale poate provoca și fenomene de sensibilitate (semne de durere) din cauză că unele fibre senzitive pătrund întîi în rădăcina ventrală, apoi repliindu-se intră definitiv în rădăcina dorsală (fibrele recurente).

G. REFLEXELE MEDULARE

Reflexul este răspunsul efectorilor la o excitație declanșată de agenți din mediul extern sau intern asupra receptorilor.

Transmiterea excitației de la receptor pînă la efector se face pe o cale nervoasă, numită arc reflex, care este alcătuit din traseul nervos aferent

reprezentat de fibrele nervoase ale unui neuron senzitiv ce este în legătură cu un centru nervos. De la centrul nervos, impulsul se poate transmite pe traseul unei căi eferente la efector; deci calea aferentă, centrul nervos și calea eferentă alcătuiesc arcul reflex. Neuronul senzitiv, localizat numai în ganglionul spinal, prin prelungirile sale dendritice este în relație cu receptorii externi sau interni, iar prin prelungirea axonică este în relație cu neuronul de asociație sau cu neuronul motor din substanța cenușie a măduvei; neuronul de asociație sau intercalar este un neuron cu axon scurt, care se interpune între neuronul senzitiv și cel motor; neuronul efector este situat în cornul anterior al măduvei, axonul său formează calea eferentă prin care impulsul este transmis unui efector muscular sau glandular. Deoarece impulsul nervos generat în receptori sau în centrii nervoși superiori nu pot fi transmiși spre efectori decît prin intermediul motoneuronului din coarnele ventrale ale măduvei, axonii acestor neuroni constituie calea finală comună unică; degradarea acesteia duce în mod inevitabil la paralizia efectorilor cu care sînt conectați.

În centrul nervos se realizează sinapse între prelungirile axonice ale neuronului senzitiv și cele dendritice ale neuronului motor; în acest caz, arcul reflex este bineuronal și monosinaptic. Între cei doi neuroni însă se poate intercala un neuron de asociație sau mai mulți. În funcție de numărul neuronilor intercalari (de asociație), se amplifică traseul arcului reflex, care devine multineuronal și polisinaptic. Posibilitatea de propagare a impulsurilor în centri nervoși prin multiplele sinapse realizate între neuronii intercalari ai diferiților centri ai arcului reflex este dependentă de intensitatea excitantului și de starea de labilitate funcțională a sinapselor.

a. Reflexele exteroceptive — legile lui Pflüger

Reflexele medulare și legile după care acestea se efectuează au fost puse în evidență de către P f l ü g e r și pot fi demonstrate în școli (fig. 55, A și B).

Material necesar: o broască, instrumente de disecție, suport cu tijă orizontală, cîrlig din sîrmă subțire (făcut prin îndoirea unui bold), cristalizoare sau pahare, soluție de acid clorhidric sau acetic (în doze crescînde), vată, ser fiziologic, feși de tifon, cloroform.

Mod de lucru ● Mai întîi se pregătesc patru pahare în care se pun soluții cu doze 5%, 10%, 15%, 20% de acid clorhidric sau acetic și se numerotează. Studiul activității reflexe a măduvei spinării se face pe o broască spinală.

După secționarea măduvei, se instalează imediat starea de șoc spinal, în cursul căruia broasca se manifestă ca un animal paralizat, fără tonus muscular. Suprimarea tonusului muscular este determinată de suprimarea tonusului nervos, ca urmare a deconectării centrilor medulari de centrii superiori. Șocul spinal durează circa 5—10 min, după care tonusul muscular se restabilește, broasca retrage membrele aproape de corp, căpătînd postura normală; dacă i se trage un picior broasca îl readuce la loc. După ieșirea din starea de șoc spinal, broasca poate fi utilizată pen-

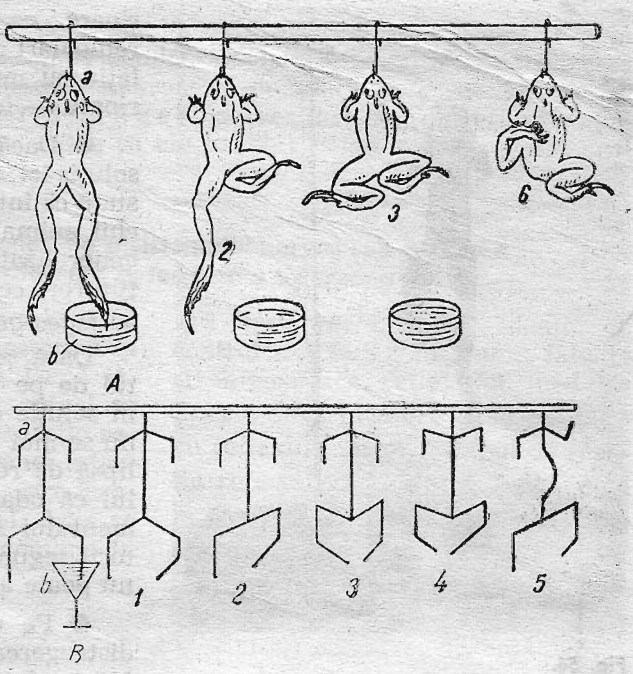


Fig. 55.

A. Demonstrarea legilor lui Pflüger.
B. Schematizarea diferitelor reacții conform legilor lui Pflüger :

a – broască decerebrată ;
b – vas cu apă acidulată ;
1 – legea localizării ;
2 – legea unilateralității ;
3 – legea simetriei ;
4 – legea iradierii ;
5 – legea generalizării ;
6 – legea coordonării.

tru verificarea legilor reflexelor medulare.

Cu un cîrlig trecut prin arcul mandibular se atîrnă broasca de suport.

În timpul experienței excităm, cu intensități variabile, numai unul din membrele posterioare. Creșterea intensității excitantului o obținem introducînd piciorul pe rînd întîi în soluția cea mai slabă și apoi în cele cu concentrații din ce în ce în mai mari.

Excitații de intensități crescînde obținem și introducînd în mod succesiv piciorul broaștei într-un singur pahar la adîncimi diferite. În acest caz, intensitatea excitației crește prin excitarea unui număr din ce în ce mai mare de receptori tegumentari.

Excitațiile produse sînt dependente de intensitatea excitantului, de durata lui de acțiune și de aria receptoare asupra căreia acționează. Un excitant slab, dar care acționează pe o arie receptoare mai mare, declanșează o excitație cu mult mai puternică decît dacă aceasta este restrînsă.

● Paharul cu soluția de acid în concentrație de 5% se ridică încet pentru ca să pătrundă în soluție laba unui membru posterior, pînă se obține un răspuns slab reprezentat printr-o ușoară flectare a degetelor. Deci, un excitant slab, care a atins pragul și este localizat la o regiune restrînsă, provoacă o reacție care rămîne limitată la un mic număr de mușchi — *legea localizării.*

● Laba este spălată cu apă, se așteaptă liniștirea animalului și apoi se cufundă din nou laba într-o soluție cu o concentrație crescută — 10%. Se observă reacția de flectare totală a membrului posterior respectiv, datorită contracției progresive a mușchilor : întîi se produce flectarea piciorului (labei), apoi a gambei pe coapsă și a coapsei pe corp. Arcul reflex se închide în centrii nervoși situați pe aceeași parte cu piciorul excitat. Răspunsul

Fig. 56.
Legea unilateralității.

este unilateral — *legea unilateralității* (fig. 56).

● După spălarea și liniștirea prealabilă, se cufundă laba într-o soluție de concentrație mai ridicată, 15%. Excitația produsă declanșează contracția mușchilor membrului respectiv și a membrului simetric; ambele membre posterioare flectează spre corp, deoarece arcul reflex se închide în centrii nervoși simetrici — *legea simetriei* sau *bilateralității*.

● Procedînd ca mai sus se cufundă laba în soluția de concentrație 20%. Reacția se produce acum nu numai la cele două membre posterioare, ci intră în contracție și mușchii membrelor anterioare. Deci, excitația a iradiat (s-a răspîndit) la nivele medulare superioare; ea a ajuns pînă la neuronii radiculari din centri care sînt în relație cu mușchii membrelor anterioare — *legea iradierii*.

● Dacă se cufundă laba într-o soluție și mai concentrată se constată că intră în contracție toți mușchii animalului. Reacția este acum generalizată, ca urmare a excitării tuturor centrilor motori medulari — *legea generalizării*.

Dacă se îndepărtează tegumentul de pe un picior și se introduce în soluție acidă 10% se constată că nu se mai obține o flectare. Această lipsă de reacție se datorește faptului că odată cu îndepărtarea tegumentului s-au îndepărtat și receptorii tegumentari, astfel excitația nu poate avea loc.

● Pe aceeași broască se face distrugerea măduvei spinării pînă la un nivel imediat dedesubtul originii membrelor anterioare. Distrugerea se face cu ajutorul unui ac ce se introduce în canalul rahidian pînă la acest nivel. Se excită cu soluția acidă concentrată și se observă că membrele anterioare nu mai răspund prin contracții, deoarece au fost distruși neuronii, care coordonează activitatea lor. În continuare se poate face distrugerea totală a măduvei; se observă că nici mușchii corpului de la nivele inferioare nu se mai contractă, atunci cînd laba este excitată.

Reflexele medulare amintite pot fi obținute și prin excitarea membranei interdigitale a unuia din membrele posterioare cu un curent de frecvență obținut de la o bobină de inducție. Intensitatea curentului trebuie să fie în mod progresiv mărită prin apropierea bobinei secundare de cea primară.

Prin aceste experiențe se demonstrează posibilitatea iradierii impulsurilor la centri superiori în funcție de intensitatea excitantului. Cu cît acesta este mai intens, cu atît vor fi mobilizați mai mulți centri nervoși.

Folosind desene executate la tablă, explicăm reacţiile simetrice prin prezenţa neuronilor de asociaţie comisurali, iar iradierea şi generalizarea vor fi explicate prin existenţa neuronilor de asociaţie cordonali. Se va atrage atenţia că legile lui P f l ü g e r se verifică pentru reflexele medulare exteroceptive (vom vedea că ele nu sînt valabile pentru cele proprioceptive).

Modificarea stării funcţionale a sistemului nervos sub acţiunea impulsurilor nervoase aferente determinate de agenţi nocivi

Mod de lucru ● Se ia o broască spinală obţinută prin decapitare şi se suspendă de un stativ. După ieşirea din starea de şoc spinal se cronometrează timpul de reacţie reflexă la excitarea membranei interdigitale cu un excitant care provoacă un reflex unilateral. Apoi se introduce degetul unui membru în apă fierbinte. După 5—10 min se controlează din 2 în 2 min latenţa şi intensitatea reflexului medular la cele două membre şi se compară cu reflexul martor. Timpul de reacţie reflexă creşte de la 3—7 s pînă la 30—40 s ; uneori reflexul este abolit.

Concluzie

Modificarea stării funcţionale a sistemului nervos sub acţiunea impulsurilor determinate de agenţi nocivi este în sensul realizării unui proces de inhibiţie cu scăderea gradului de excitabilitate.

Coordonarea reflevelor medulare

C h a r l e s R i c h e t (fiziolog francez de prestigiu) a observat că reacţiile reflexe ale broaştei decerebrate au, în general, acelaşi aspect ca şi reacţiile obişnuite ale animalului intact viu, adică sînt coordonate.

Demonstrăm coordonarea reflexelor medulare astfel :

Mod de lucru ● Pe o broască spinală suspendată pe un stativ sau pusă pe o placă de plută în decubitus dorsal se aşază pe pielea spatelui broaştei, puţin mai spre dreapta, o bucăţică de hîrtie de filtru înmuiată în soluţie de acid, suficient de concentrată. Broasca face o mişcare precisă de ridicare a labei membrului posterior drept, pentru a dezlipi hîrtia de filtru. Degetele labei se îndoaie în aşa fel încît broasca reuşeşte să degaje pielea corpului său de agentul caustic. Se şterge cu apă locul excitat şi după 5 min se reia, astfel : se leagă piciorul din partea corpului unde este aşezată substanţa iritantă. Broasca încearcă a folosi mai întîi acest picior, dar neputîndu-l ridica foloseşte piciorul simetric, cu care reuşeşte să îndepărteze cauza iritantă. Rezultă că reflexele medulare sînt coordonate în vederea executării unui act util organismului.

Este necesar să se atragă atenţia elevilor asupra preciziunii mişcărilor. Aceasta se datoreşte coordonării mişcărilor numai de către măduva spinării.

Alte experienţe prin care se pune în evidenţă rolul măduvei în elaborarea reflexelor după stimularea exteroceptorilor se pot face astfel :

Se iau două broaşte, una decerebrată şi alta normală.

● Ambele sînt aşezate pe spate pe masă, cea normală se întoarce în poziţia obişnuită, cea decerebrată rămîne aşa cum a fost aşezată (pe spate). Este abolit reflexul de redresare.

● Ambele broaşte sînt aşezate pe masă în poziţie normală. Trăgînd într-o parte un membru posterior al broaştei normale, aceasta face o săritură. Făcînd acelaşi lucru cu broasca decerebrată, aceasta îl aduce înapoi şi rămîne în locul iniţial.

● Ambele broaşte sînt introduse în acvariu sau într-un borcan cu apă. Broasca normală înoată repede, cea decerebrată înoată pînă atinge fundul vasului după care rămîne nemişcată.

Explicaţie : reflexul de redresare, deplasarea prin sărire, înotul se realizează prin reflexe ale căror arcuri se închid în encefal şi de aceea nu se produc la broasca decerebrată.

Concluzii

Toate experienţele duc la constatarea că :

a. măduva spinării are rol de centru reflex în menţinerea tonusului muscular ;

b. reflexele simple sau complexe se realizează pe căi nervoase multiple care vădesc conexiuni extrem de complicate ;

c. intensitatea reflexelor variază de la un reflex localizat la un reflex generalizat, în funcţie de intensitatea excitantului şi de posibilitatea de iradiere a impulsurilor prin centrii nervoşi ;

d. coordonarea reacţiilor reflexe medulare arată că măduva are un rol important în acţiunea de integrare a organismului în mediul de viaţă.

b. Reflexele proprioceptive — reflexe simple

Reflexul rotulian (patelar)

În organismul animal şi uman se produc reflexe simple, bineuronale, monosinaptice prin excitarea proprioceptorilor din tendoane şi muşchi. Un reflex medular proprioceptiv bineuronal este reflexul rotulian, care poate fi demonstrat în clasă. El se manifestă prin ridicarea bruscă a gambei, ca urmare a lovirii tendonului muşchiului cvadriceps femural (fig. 57). Reflexul rotulian se închide în segmentele lombare L_2^0, L_3^0 şi L_4^0. Calea eferentă este nervul crural anterior.

Mod de lucru ● Un elev stă pe scaun în poziţia „picior peste picior". Astfel, spaţiul popliteal al unui picior se sprijină pe genunchiul celuilalt picior şi ca urmare tendonul muşchiului cvadriceps al piciorului de deasupra este mai întins peste articulaţia genunchiului.

Lovind tendonul cu un ciocănel sau cu muchea palmei, se observă că se produce o mişcare reflexă bruscă de ridicare a gambei. Acest reflex este provocat de excitarea proprioceptorilor din tendon, de la

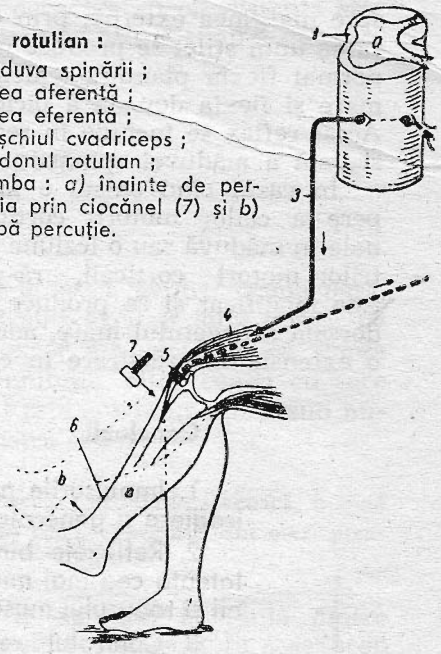
care pleacă influxuri la centrul medular lombar de la nivelul căruia se transmit, pe cale motorie, impulsuri, spre cvadriceps. Impulsurile aferente declanşate prin excitarea proprioceptorilor din tendon induc în centri nervoşi, care sînt în relaţie cu muşchii flexori, o stare de inhibiţie şi, ca urmare, se produce relaxarea adecvată a acestor muşchi, uşurînd astfel reacţia de extensie.

În clinică, controlul reflexul rotulian dă preţioase indicaţii asupra stării normale de funcţionare a centrului medular, în care pot să existe, în condiţii patologice, stări de hipo- sau hiperexcitabilitate şi răspunsul să fie mai slab sau mai intens.

Fig. 57

Reflexul rotulian :

1 – măduva spinării ;
2 – calea aferentă ;
3 – calea eferentă ;
4 – muşchiul cvadriceps ;
5 – tendonul rotulian ;
6 – gamba : *a)* înainte de percuţia prin ciocănel (7) şi *b)* după percuţie.



Reflexul ahilean

Un alt reflex medular proprioceptiv, bineuronal, uşor de provocat, este cel ahilean (fig. 58). Se poate declanşa prin izbirea tendonului lui Ahile atunci cînd piciorul este îndoit în unghi drept şi gamba se sprijină pe un suport. Se manifestă prin contracţia muşchilor gemeni şi prin extensia labei piciorului.

Mod de lucru ● Se poate demonstra astfel : un elev stă îngenunchiat pe scaun sau are numai un picior îngenunchiat, celălalt sprijinindu-se pe podea. Gamba piciorului îngenunchiat se sprijină pe scaun, iar piciorul şi articulaţia sa se găsesc în afara marginii scaunului. Se loveşte tendonul lui Ahile şi se constată contracţia gemenilor şi extensia labei piciorului. Arcul reflex ahilean se închide în regiunea lombosacrală a măduvei spinării ; impulsurile se transmit pe traseul nervului sciatic.

Reflexul plantar

Mod de lucru ● La o excitare uşoară a pielii tălpii piciorului mai

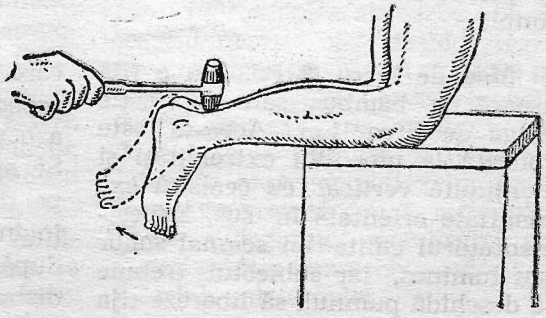


Fig. 58.

Reflexul ahilean (linia punctată indică extensia piciorului pe gambă în urma percuţiei tendonului lui Ahile).

spre marginea externă, prin deplasarea unui stilet se produce în mod normal flexia plantară a degetului mare și flexia dorsală a piciorului. Acest reflex se închide în regiunea sacrală a măduvei spinării.

În cazul cînd există o întrerupere a căilor motorii cortico-spinale în măduvă sau o leziune a centrilor motori corticali, răspunsul este modificat și se produce flexia dorsală a degetului mare, adesea și o extensie sau răsfirare în evantai a celorlalte patru degete. Această reacție este cunoscută sub denumirea de *semnul lui Babinski* (fig. 59).

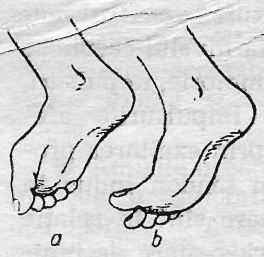


Fig. 59.
Reflex plantar :
a – reacție normală ;
b – reacție Babinski.

Concluzii

1. Impulsurile nervoase proprioceptive nu sînt capabile de iradiere și generalizare.
2. Reflexele bineuronale fiind monosinaptice se produc cu latența cea mai mică, ele au rol important în menținerea stațiunii și tonusului muscular.
3. Controlul reflexelor monosinaptice și polisinaptice în practica medicală dă posibilitatea verificării integrității funcționale a măduvei.

TIMPUL DE REACȚIE REFLEXĂ

Timpul de reacție reflexă este timpul care trece de la acțiunea unui excitant pînă la realizarea unei anumite activități, determinată de respectivul excitant. Această durată de timp include timpul necesar realizării excitației, adică timpul de transmitere a impulsurilor nervoase în sens aferent spre centri nervoși și în sens eferent spre efector. În general, timpul de reacție reflexă este foarte mic, de ordinul milisecundelor, durează 30—120 milisecunde. Durata mai mare sau mai mică a timpului de reacție reflexă variază în funcție de starea fiziologică a subiectului cercetat, de gradul de atenție și de antrenamentul în producerea mișcării respective. Pentru a putea aprecia existența unor variații calitative în ceea ce privește timpul de reacție reflexă indicăm următoarea experiență simplă.

Mod de lucru ● Folosim o tijă ușoară de bambus sau de trestie lungă de circa 1 m. Aceasta este apucată la una din extremități și menținută vertical cu cealaltă extremitate orientată în sus. Experimentatorul emite un semnal sonor sau luminos, iar subiectul trebuie să deschidă pumnul, să libereze tija care cade în sens vertical, și cît mai repede trebuie să-l închidă pentru a o prinde la o distanță oarecare. Se apreciază în centimetri distanța pe tijă între locul unde era ținută înainte de deschiderea pumnului și după închiderea acestuia. Această distanță variază de la subiect la su-

biect și în mod indirect ne poate da o indicație asupra timpului scurs între deschiderea și închiderea pumnului, deoarece cu cît distanța este mai mare cu atît și timpul de reacție reflexă este mai mare.

c. Acțiunea inhibitoare a centrilor superiori asupra centrilor medulari.

Experiența lui I. M. Secenov

În 1862 I. M. Secenov a demonstrat pe broască, pentru prima oară, suprimarea reflexelor medulare atunci cînd sînt excitați lobii optici, pe care i-a considerat ca centri inhibitori. Ulterior s-a constatat că starea de excitație a unor centri poate provoca inhibiția altor centri cu care aceștia sînt în relații funcționale. Fenomenul este cunoscut astăzi sub numele de *„inducție negativă"*. Se poate demonstra astfel :

Material necesar : broască, trusă de disecție, instalație electrică, bobină de inducție, vată, ser fiziologic, fești de tifon, cloroform sau eter, planșetă de disecție, cristale de NaCl.

Mod de lucru ● Se montează circuitul electric al unei bobine de inducție tip școlar în care se găsește un întrerupător și un excitator mobil. O broască se fixează cu ajutorul unor fești de tifon cu fața ventrală în jos, pe planșetă. Se provoacă animalului o anestezie ușoară, avînd grijă să nu fie omorît printr-o doză prea mare de anestezic. Se incizează tegumentul în lungul liniei mediane dorsale a capului. Apoi se face o a doua incizie perpendiculară pe cea dintîi la baza timpanelor. Se pliază lateral laturile tegumentului, descoperindu-se astfel craniul. Se deschide cutia craniană făcînd cu foarfecele întîi o secțiune transversală în dreptul orbitelor și apoi în continuare pentru îndepărtarea calotei craniene. Hemoragia se înlătură cu tamponașe de vată îmbibate cu ser fiziologic și se observă encefalul.

Se pot identifica lobii olfactivi, emisferele cerebrale, epitalamusul, lobii optici, cerebelul și bulbul (fig. 60).

Se acoperă plaga cu vată îmbibată în ser fiziologic și se trece la stabilirea unui reflex medular localizat, de apărare, al unuia dintre membrele posterioare. În acest scop se excită cu curent electric membrana interdigitală a unei labe, căutînd să se obțină un răspuns local slab, limitat numai la flectarea degetelor.

Se ridică acum compresa de pe encefal și se aplică pe tuberculii bigemeni cîteva cristale de NaCl. Se lasă acolo 10—20 min, după care se încearcă din nou reflexul membrului posterior, față de același excitant. Se constată că reflexul de apărare slăbește și apoi dispare cu totul. Spălînd bine encefalul cu ser fiziologic și lăsîndu-l acoperit cîtva timp cu o compresă, se poate observa că reflexul reapare.

Explicația este următoarea : NaCl fiind higroscopică absoarbe apa din țesutul nervos și-l deshidratează ; ca urmare se produce o excitare puternică a centrului nervos respectiv. Starea de excitare produsă prin deshidratare iradiază și determină inhibiția centrilor reflexelor medulare. Din această cauză, reflexul de flexie a degetului membrului posterior excitat apare abia schițat sau este inhibat complet.

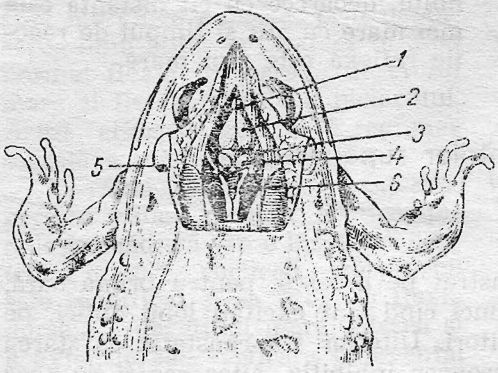


Fig. 60.
Creierul la broască :
1 — lobul olfactiv ;
2 — emisfera cerebrală ;
3 — epitalamusul ;
4 — lobul optic ;
5 — cerebelul ;
6 — bulbul rahidian.

Concluzii

S-a demonstrat prin această experiență că centrii nervoși encefalici în stare de excitare exercită o acțiune inhibitorie asupra centrilor din măduva spinării. Concluzia aceasta este verificată și de faptul că la același animal (broasca), după decerebrare, pentru același excitant, reacțiile sînt mai puternice (a dispărut acțiunea inhibitorie a centrilor encefalici). La om, în timpul somnului, cînd activitatea creierului este mult diminuată, reflexele medulare sînt mai energice și se produc mai ușor ; dacă o persoană care doarme este gîdilată în talpa unui picior, retragerea piciorului se face mai energic de cum s-ar produce în stare de veghe.

d. Efectele lezării spinale asupra funcțiilor vegetative

În măduva spinării sînt localizați centri somatici și vegetativi. Secționarea axului cerebrospinal în spațiul intervertebral 2/3 la broască este urmată de tulburări locomotorii și suprimarea micțiunii.

Material necesar : broaște de talie mai mare, acvariu, ace cu gămălie, vată, ser fiziologic, alcool, pînză de tifon, instrumente și cuvă de disecție, pahar.

Mod de lucru ● Se ia o broască de talie mare și i se învelește în pînză jumătatea posterioară a corpului. Se ține animalul cu partea ventrală în palma stîngă ; cu degetul arătător al aceleiași mîini se apasă capul animalului în jos, astfel încît să se obțină o arcuire și întindere a coloanei vertebrale. Se șterge tegumentul cu vată îmbibată cu alcool medicinal. Se caută locul de intervenție prin trecerea gămăliei unui ac în lungul liniei mediane. Se identifică limitele dintre vertebre. În spațiul intervertebral 2/3, se introduce perpendicular vîrful acului, forțîndu-l pînă se învinge prima rezistență. În acest moment se ajunge în canalul vertebral și vîrful acului atinge măduva. Ca urmare a acestui fapt se produc unele reacții motorii ale animalului. Se împinge acul mai departe pînă se întîmpină o nouă rezistență, dar aceasta nu se mai forțează, ci se imprimă acului mișcări transversale, în cursul cărora se produce secționarea măduvei. După aceasta

se scoate acul și se oprește hemoragia cu un tampon de vată sterilă.

Este recomandabil ca experiența să se facă pe un lot mai mare de broaște, cel puțin cinci.

După secționarea măduvei se produce o tulburare a activității locomotoare, coordonată de centri nervoși situați sub nivelul leziunii, animalul rămînînd timp indefinit în aceeași poziție. Dacă se excită tegumentul în partea anterioară a corpului, animalul se deplasează cu membranele anterioare tîrînd partea posterioară a corpului.

Animalele cu măduva astfel secționată trăiesc timp îndelungat într-un acvariu, pe fundul căruia curge o cantitate de apă avînd grosimea de cel mult 1—2 cm. Se constată că după 24—48 ore volumul animalului crește. Dacă se scoate broasca din acvariu și i se presează abdomenul cu mîna, se produce eliminarea a 5—10 ml urină. După aceasta, punînd animalul din nou în apă și lăsîndu-l acolo timp de 24 de ore se observă o nouă creștere a volumului său, datorită acumulării unei noi cantități de urină în vezică.

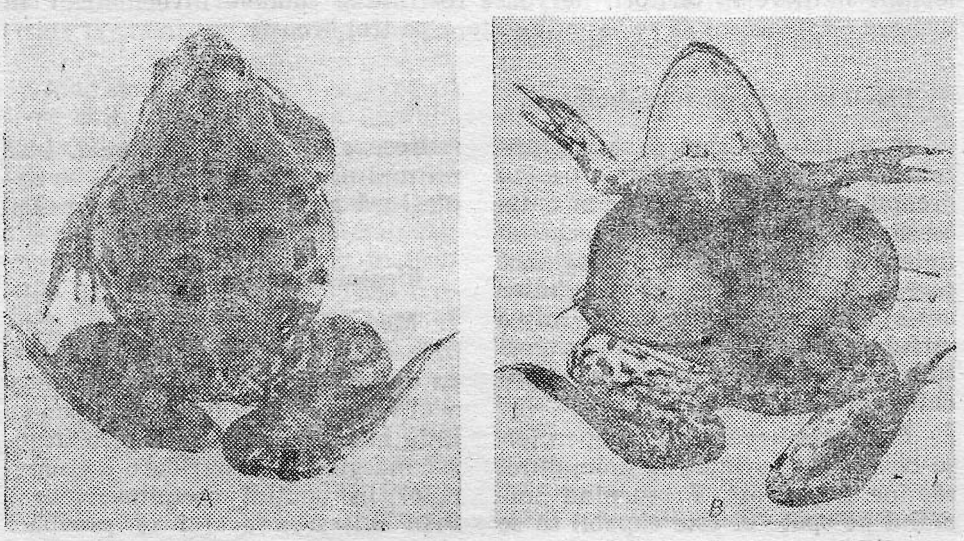
În timp, vezica se adaptează prin distensie progresivă la retenția unei cantități mari de urină (20—30 ml urină).

● Pentru a observa direct aspectul unei vezici urinare pline cu o cantitate mare de urină, broasca se anesteziază cu eter și se fixează cu ace cu fața ventrală în sus, apoi mușchii abdominali se incizează pe linia mediană începînd de la nivelul apendicelui xifoid. Se constată că viscerele abdominale sînt deplasate și presate spre regiunea sternală, iar vezica este extrem de plină, cu peretele foarte subțire și transparent (fig. 61, A și B).

Animalele operate pot fi menținute în viață timp de săptămîni și luni, cu condiția să se procedeze la evacuarea forțată a vezicii, în modul arătat mai sus, măcar o dată la două zile. Volumul vezicii crește în mod treptat astfel că, după cîteva săptămîni poate cuprinde peste 20 ml urină.

Fig. 61.

Retenția de urină la broască după secționarea măduvei spinării :
A — aspectul exterior ;
B — aspectul interior după deschiderea cavității abdominale ;
v — vezica urinară foarte mult dilatată.



În această experienţă, prin secţionarea măduvei la nivelul intervertebral 2/3 se demonstrează suprimarea reflexului de micţiune datorită creşterii exagerate a tonusului sfincterului vezical.

H. BULBUL RAHIDIAN

1. Structura macroscopică şi microscopică a bulbului rahidian

Reluînd observaţiile făcute asupra encefalului unui mamifer mare luat de la abator sau obţinut prin disecţia unui mamifer mic (aşa cum am indicat în lucrările de la pagina 72), elevii vor observa poziţia şi forma generală a bulbului, raporturile lui cu organele nervoase învecinate, şanţurile, piramidele şi olivele şi se va ajunge uşor la constatarea că bulbul este „o măduvă prelungită" în encefal.

Pentru observarea structurii interne vor fi folosite preparate microscopice reprezentînd secţiuni în serie prin bulb. Se va compara aşezarea substanţei cenuşii şi modul cum este dispusă în măduvă şi bulb. Se vor observa astfel nucleii bulbari, centrii nervoşi în care se închid arcurile unor reflexe somatice şi vegetative importante.

2. Importanţa fiziologică a bulbului rahidian

Prin lezarea sau distrugerea centrilor bulbari se provoacă tulburări somatice şi vegetative grave, pînă la moartea animalului.

Rolul unuia dintre centrii vegetativi bulbari care poate fi pus în evidenţă experimental este centrul respirator. Lezarea acestuia suprimă mişcările respiratorii şi, ca urmare, intervine moartea animalului.

În şcoală, o demonstraţie concludentă se poate face pe broaşte. Spre a arăta rolul bulbului în reglarea respiraţiei este necesar să se procedeze nu numai la lezarea acestui organ, ci şi la compararea efectelor produse de leziuni similare în teritorii nervoase rostrale şi caudale învecinate. Prin urmare este necesar să se experimenteze pe trei broaşte.

Efectele secţiunii suprabulbare

● Se ia o broască şi se imobilizează cu mîna stîngă, iar cu mîna dreaptă se introduce un ac în cutia craniană, la locul de intersecţie al liniei mediane cu o linie imaginară care ar trece în dreptul marginilor anterioare ale timpanelor. Se mişcă vîrful acului în sens transversal spre a secţiona cu ajutorul lui trunchiul cerebral.

După trecerea şocului operator, se constată că respiraţia animalului rămîne nealterată. Răsturnînd animalul pe spate el este capabil să se redreseze în poziţia normală, însă nu mai are reacţii spontane, se deplasează numai dacă este stimulat.

Efectele secţiunii bulbare

Mod de lucru ● La a doua broască se procedează ca mai sus, cu deosebirea că acum se introduce acul la intersecţia liniei mediane cu linia imaginară ce trece prin dreptul marginilor posterioare a timpanelor, în spaţiul occipitovertebral. Prin mişcarea acului se provoacă

distrugerea bulbului. Se constată că mișcările respiratorii ritmice ale planșeului bucal au dispărut, reflexul de redresare este abolit.

Efectele secțiunii subbulbare

● La a treia broască se procedează ca mai înainte, introducînd acum acul în spațiul dintre apofizele vertebrelor 1—2. Spațiul poate fi reperat ușor ducînd gămălia unui ac în lungul liniei mediane. Se face aceeași operație de transsecționare a măduvei.

Se constată că respirația a rămas nealterată deoarece centrii reflexelor respiratorii sînt situați la nivel superior secțiunii. Reflexul de redresare este abolit.

Concluzii

Comparînd cele trei animale se constată că s-a suprimat respirația numai la broasca care a suferit distrugerea bulbului, ceea ce demonstrează că arcul reflexului respirator se închide în acest segment al axului cerebrospinal. Reflexul de redresare se abolește prin secțiuni bulbare și subbulbare.

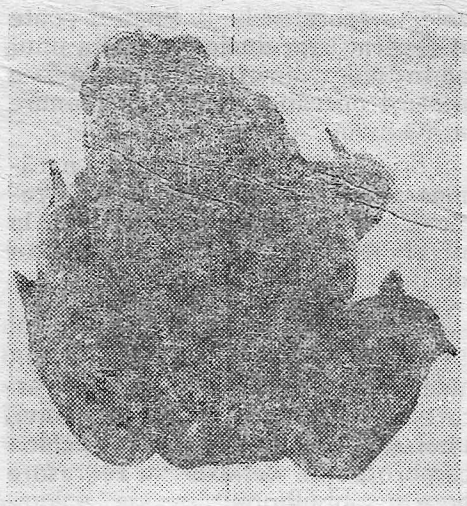
I. CEREBELUL – STRUCTURA MACROSCOPICĂ ȘI MICROSCOPICĂ, IMPORTANȚA LUI FIZIOLOGICĂ

Lucrînd pe un encefal de mamifer obținut de la abator sau pe unul obținut prin disecția unui mamifer mic, atragem atenția elevilor asupra poziției și formei generale a cerebelului, raporturilor cu organele nervoase din jur, aspectului exterior al emisferelor cerebeloase, al vermisului și al meningelui.

Pe preparate microscopice se va observa dispoziția substanțelor albă și cenușie și se va compara cu cele din măduvă și bulb. Se remarcă celulele lui Purkinje și caracteristicile lor.

Cerebelul este un organ nervos esențial pentru coordonarea mișcărilor locomotorii. Efectele lezării sau extirpării cerebelului pot fi demonstrate la mamifere, păsări și broaște.

Mod de lucru ● Se ia o broască și se ține în mîna stîngă imobilizîndu-i capul între index și police. La locul de intersecție a liniei mediane cu linia imaginară ce unește marginile anterioare ale timpanelor se introduce încet, ca prin înșurubare, vîrful unui ac, perforînd craniul. Se adîncește încă puțin și se imprimă acului ușoare mișcări numai spre dreapta sau stînga în cursul cărora se distruge partea respectivă a cerebelului. Se scoate acul și se lasă animalul liber. Broasca stă încovoiată spre partea leziunii. Tulburarea se datorește faptului că mușchii părții lezate sînt sub controlul centrilor cerebeloși contralaterali ; ei și-au menținut tonusul inițial ; s-a produs o diferență între intensitatea tonusului muscular al celor două părți simetrice ale corpului. Tonusul musculaturii de pe partea contralaterală leziunii se reduce ; păstrează valoarea inițială cei de pe partea ipsilaterală leziunii. Ca urmare, antrenează curbura corpului spre această parte (fig. 62). Se mai constată că animalul nu execută mișcări spontane și, stimulat fiind, el se deplasează „în manej". Răsturnînd ani-



malul pe spate se observă că el reușește foarte greu să se redreseze. Din cauza dezechilibrului intensității tonusului său muscular de pe partea dreaptă și stîngă, el se rostogolește în jurul axei corpului.

Fig. 62.
Efectul lezării unilaterale (partea stîngă) a cerebelului de broască.

Concluzii

A rezultat că cerebelul are rol în :

a. menținerea intensității tonusului muscular în mod echilibrat pe ambele părți ale corpului ;

b. coordonarea mișcărilor ;

c. păstrarea echilibrului corpului (cerebelul are strînse legături cu aparatul vestibular).

J. CREIERUL MARE – MORFOLOGIA ȘI STRUCTURA LUI

Pe encefalul de mamifer procurat de la abator se pot sesiza raporturile de mărime între creierul mare și celelalte organe ale acestuia. Elevii vor observa mai întîi pe fața dorsală scizurile și girusurile. Vor delimita lobii cerebrali. Vor observa fața ventrală cu lobii olfactivi și chiasma optică.

Pe secțiuni colorate vor vedea dispoziția substanțelor cenușie și albă și o vor compara cu cea de la etajele inferioare ale axului cerebrospinal. Pe lame microscopice se observă celulele piramidale din cortex.

Elaborarea unui reflex condiționat

Comportamentul animalelor, reacțiile lor față de multitudinea și varietatea excitanților din mediu sînt sub controlul centrilor corticali, în care se închid arcurile reflexelor necondiționate și condiționate. Pentru a ilustra această activitate complexă propunem executarea unor demonstrații care să arate cum se elaborează un reflex condiționat.

Reflexele condiționate se elaborează prin asocierea repetată a unui excitant indiferent cu unul necondiționat absolut pînă cînd excitantul indiferent declanșează aceeași reacție cu excitantul absolut. Excitantul indiferent devine excitant condiționat. Recomandăm elaborarea unui reflex condiționat de apărare la cîine și un reflex condiționat de apărare la om.

Elaborarea unui reflex condiționat la cîine.

Material necesar : un cîine blînd și obișnuit cu elevii (pentru obișnuirea lui „cu publicul" este bine să fie adus de mai multe ori printre elevi, fără să se facă experiențe pe el) ; o instalație electrică pentru excitare, curentul avînd o tensiune de 10—20 V ; conductori de sîrmă care vor fi puși, unul în legătură cu o plăcuță metalică legată strîns de pielea animalului, iar celălalt în legătură cu un grătar de sîrmă așezat pe fundul unui castron (fig. 63), conductori electrici (sîrme) și un întrerupător, hrană umezită cu apă sărată.

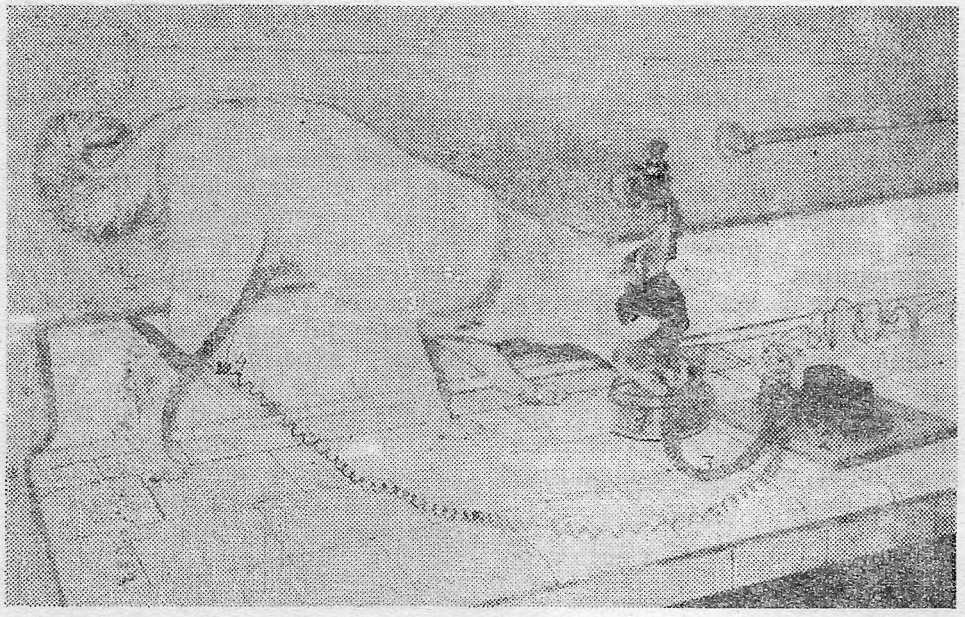


Fig. 63.

Montarea electrozilor pentru elaborarea unui reflex condiționat de apărare la cîine :
1 — vas pentru hrană, la bază cu o plasă electrod de sîrmă ;
2 — instalație pentru excitare electrică prin transformator de sonerie (5—8 V) ;
3 și *4* — conductori electrici ;
5 — legătură cu rețeaua electrică.

Mod de lucru ● Se pregătește instalația. Se aduce animalul nemîncat de 10—12 ore și i se fixează electrodul în formă de plăcuță pe picior. În vederea plasării electrodului este nevoie să se tundă bine blana la locul ales pentru excitație, să se spele și să se umezească cu un tampon de vată îmbibat cu ser fiziologic, spre a se asigura o bună conducere electrică. Se pune hrana în castronul pe fundul căruia se găsește plasa de sîrmă conectată cu cel de-al doilea electrod și i se dă

animalului să mănînce. După ce începe să mănînce se închide circuitul electric. Ca urmare, cîinele primeşte un şoc electric, destul de puternic, ceea ce determină ridicarea capului şi, prin aceasta, întreruperea circuitului electric. În acest moment întrerupe şi experimentatorul circuitul electric. Dispărînd efectul şocului şi animalul fiind flămînd, el începe din nou să mănînce. Experimentatorul închide circuitul care se soldează cu o nouă excitaţie electrică, care, provocîndu-i un reflex de apărare, îl determină să întrerupă din nou prînzul. După cîteva asocieri de acest fel, este de ajuns să i se arate cîinelui castronul pentru ca el să se retragă, deci să manifeste un reflex condiţionat de apărare la vederea formei şi culorii castronului şi a hranei. Excitantul electric este excitantul necondiţionat, iar hrana devine excitantul condiţionat care declanşează reacţia de apărare.

Elaborarea unui reflex condiţionat de apărare la om

Material necesar : lampă electrică de masă cu bec de 50 V şi cu întrerupător ; circuit electric de la o bobină de inducţie şcolară.

Mod de lucru ● Se pregăteşte instalaţia conform schemei 1 şi 2 din figura 64. Se solicită un elev să ţină mîna pe reoforii bobinei secundare, iar experimentatorul închide cheia pentru a produce o excitare a tegumentului ; aceasta este urmată de o reacţie de apărare în sensul că elevul ridică imediat mîna de pe bobină ; ulterior şi experimentatorul întrerupe circuitul electric. Acest reflex necondiţionat de apărare este declanşat de excitantul necondiţionat specific analizatorului tactil şi dureros.

Elevul este solicitat să ţină din nou mîna pe bobină şi experimentatorul aprinde becul electric. Elevul are o reacţie de orientare, dar mîna o menţine în continuare pe bobină deoarece lumina este un excitant specific analizatorului vizual şi indiferent celui tegumentar. După această verificare şi precizare a valorii celor doi excitanţi se trece la elaborarea reflexului condiţionat.

Subiectul are mîna plasată pe bobină, experimentatorul aprinde becul şi la interval de 1—2 s închide circuitul bobinei de inducţie. Ca urmare a senzaţiei neplăcute subiectul ridică prompt mîna ; s-a produs un reflex de apărare. Experimentatorul întrerupe apoi ambele circuite. Experienţa se repetă de cîteva ori la intervale de 2—3 min.

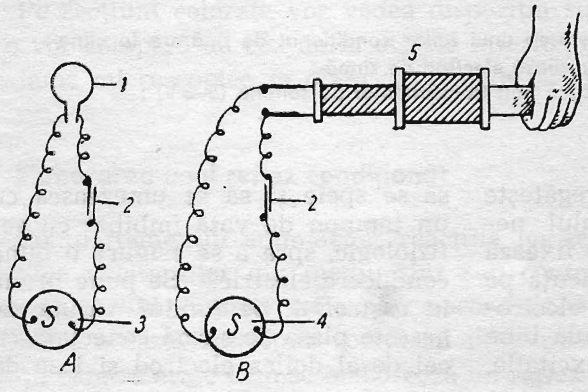


Fig. 64.

Instalaţie electrică pentru producerea reflexului condiţionat de apărare la om :

A – **circuit luminos ;**

B – **circuit de excitare a mîinii ;**

1 – bec electric ;
2 – cheie întrerupătoare ;
3 – sursă electrică de 220 V ;
4 – baterie electrică (5 V) ;
5 – bobină de inducţie.

După 5—6 asocieri numai la aprinderea becului se declanşează reacţia de apărare. Excitantul indiferent — lumina — a devenit un excitant condiţionat, deoarece a determinat aceeaşi reacţie de apărare cu aceea produsă de excitantul necondiţionat şi cu care în prealabil a fost asociat.

În continuare experienţa se efectuează, aprinzînd în mod repetat becul electric, fără să se mai închidă şi circuitul bobinei de inducţie. Se constată că un timp subiectul nu va mai avea reacţia de apărare. S-a produs *stingerea* reflexului condiţionat deoarece excitantul condiţionat nu a mai fost întărit prin asocierea cu excitantul necondiţionat.

Analizatorii

Analizatorii sînt ansambluri morfofuncţionale complexe alcătuite, în esenţă, din trei segmente principale : a) segmentul periferic reprezentat prin receptori, structuri anatomice specializate la acţiunea anumitor excitanţi din mediu ; b) segmentul intermediar, calea nervoasă prin care este condus influxul nervos de la receptori pînă la zona corticală în care se realizează senzaţia ; c) segmentul central, reprezentat prin aria corticală unde impulsul nervos declanşează senzaţii.

Capacitatea de analiză a fiecărui analizator poate fi măsurată putîndu-se stabili gradul de acuitate, acesta fiind exprimat prin excitantul cu valoare de prag, capabil să producă o senzaţie. Gradul de acuitate funcţională este variabil şi dependent de foarte mulţi factori.

A. ANALIZATORUL CUTANAT

Analizatorul cutanat este ansamblul morfofuncţional prin care organismul obţine : senzaţii tactile, de pipăit, presiune ; senzaţii termice ; senzaţii dureroase.

Receptorii cutanaţi sînt localizaţi în tegument, unii liberi, alţii încapsulaţi. Cei specializaţi pentru excitaţiile tactile şi termice se găsesc în epiteliul de acoperire al tegumentului şi mucoaselor. Receptorii tactili şi termici au o densitate variabilă dintr-un loc în altul, determinînd diferenţieri în gradul de acuitate tactilă şi termică pe diferite suprafeţe tegumentare.

1. Determinarea sensibilităţii tactile

Esteziometria este o metodă de măsurare a sensibilităţii tactile pe suprafaţa tegumentului. Sensibilitatea tactilă este cu atît mai fină, cu cît în regiunea tegumentară cercetată sînt prezenţi mai mulţi corpusculi tactili.

Material necesar : esteziometrul este un aparat alcătuit dintr-o riglă metalică gradată, susţinută de un mîner plasat la mijlocul ei. Pe riglă se găsesc doi cursori, situaţi de o parte şi de alta a mînerului şi care pot fi deplasaţi de la mijloc către extremităţile riglei. Distanţa cu

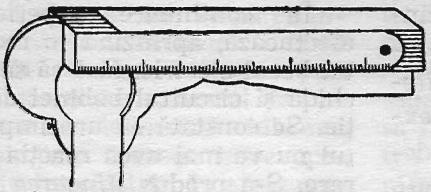


Fig. 65. Şubler.

care se deplasează un cursor se citeşte pe riglă. La capetele inferioare ale cursorilor se pot aplica două vîrfuri ascuţite, din os, sau două butoane metalice, după cum dorim să măsurăm sensibilitatea tactilă sau la presiune. Pentru măsurarea acesteia din urmă, pe fiecare cursor se află şi o gradaţie, care indică intensitatea presiunii. În absenţa esteziometrului poate fi folosit un compas sau un şubler (fig. 65).

a. Determinarea sensibilităţii la contact

Mod de lucru ● Un elev serveşte drept subiect. El trebuie să închidă ochii pentru a nu vedea deplasarea cursorilor şi, atunci cînd se aplică cele două vîrfuri pe o regiune tegumentară, să declare cîte contacte simte. Un cursor rămîne la zero, celălalt se deplasează progresiv în lungul riglei. În felul acesta se măreşte spaţiul între cele două vîrfuri şi se citeşte pe riglă distanţa la care se găsesc, cînd subiectul declară că simte două puncte de contact. Astfel se explorează mai multe regiuni ale tegumentului pentru a se aprecia diferenţele de sensibilitate tactilă. Diferenţele de sensibilitate tactilă pe diferitele arii tegumentare pot fi apreciate şi în cazul cînd cu vîrful unui creion trasăm pe suprafaţa braţului cîte o cifră şi pe care subiectul trebuie să o indice. Răspunsul este exact, dacă aria tegumentară explorată are o acuitate tactilă adecvată. Factori termici — frigul — reduc acuitatea tactilă.

Cu cît este mai mare distanţa între cele două vîrfuri aplicate pe o regiune tegumentară în momentul cînd subiectul percepe două contacte, cu atît sensibilitatea tactilă este mai mică, fiind dependentă de numărul de corpusculi tactili repartizaţi în acea regiune tegumentară. Dăm cîteva valori medii pentru mai multe regiuni :

vîrful limbii	0,5 mm ;
buza superioară	1 mm ;
buza inferioară	1,5 mm ;
bărbie	7 mm ;
frunte	4 mm ;
obraji	4,5 mm ;
tîmplă	7 mm ;
ceafă	20 mm ;
dosul mîinii	6 mm ;
palma	4 mm ;
antebraţ	15 mm ;
coapsă	7 cm ;
vîrful degetelor	1—2 mm ;
spate	5—6 cm.

● Acuitatea tactilă este deosebit de exprimată la nivelul corneei şi al pleoapei superioare. Este suficient să se atingă corneea sau pleoapa cu cîteva fire subţiri de vată dintr-o direcţie cît mai laterală (pe cît posibil în afara cîmpului vizual), pentru a se produce un reflex de apărare — de clipire bilaterală.

Timpul de reacţie reflexă al reflexului corneean şi palpebral este considerat ca cel mai scurt, fiind doar de cîteva miimi de secundă.

b. Determinarea sensibilităţii la presiune

● Se înlocuiesc vîrfurile ascuţite ale cursorilor cu butoni metalici. Se apasă cu aceşti butoni pe o regiunea tegumentară, pînă cînd subiectul declară că simte presiunea

exercitată. Se citește pe rigla verticală, gradată a cursorului, valoarea presiunii exprimată în mg.

Senzația de presiune apare, în regiunea buzelor la circa 2 mg, pe față la 3—4 mg, pe antebraț și braț la peste 20 mg.

Experiența lui Aristotel

● Regiunile tegumentare au în scoarța cerebrală zone de proiecție bine precizate, ale căror raporturi spațiale reproduc pe acelea ale zonelor tegumentare luate în considerație. Aceasta poate fi demonstrată prin clasica experiență a lui Aristotel (fig. 66).

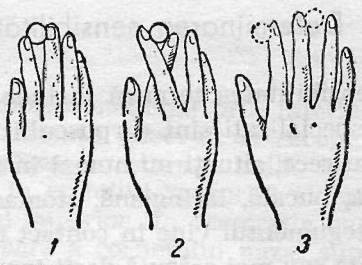


Fig. 66.

Experiența lui Aristotel :

1 — contactul cu bila avînd degetele alipite ;

2 — contactul unei singure bile cu degetele încrucișate ;

3 — teritoriile tegumentare receptoare excitate în (2) sînt suficient de distanțate pentru a determina senzația dublă.

Se procedează în felul următor : se așază o bilă cu diametrul de 0,5 cm între vîrfurile degetului arătător și celui mijlociu ; se capătă senzația unei singure bile deoarece proiecția corticală a regiunii tegumentare interne a degetului arătător și cea a regiunii tegumentare externe a degetului mijlociu sînt foarte apropiate. Dacă subiectul încrucișează cele două degete și palpează bila, va avea senzația a două bile deoarece, de data aceasta, au fost excitate terminațiile tactile de pe suprafața externă a degetului arătător și cele de pe suprafața internă a degetului mijlociu, iar aceste două regiuni tegumentare se proiectează pe scoarță, în două puncte diferite mai depărtate ; în consecință se formează senzații separate de atingere a bilei, în fiecare zonă corticală.

Observație. Sensibilitatea de contact și de presiune are ca excitant un agent mecanic, care, prin apăsare, mai slabă sau mai puternică, determină o deformare a tegumentului și ca urmare excitarea receptorilor tactili (Meissner) și de presiune (Vater-Pacini). Cînd presiunea se exercită cu aceeași intensitate pe o suprafață mare de tegument ea nu se simte decît în marginea zonei de contact. Așa de pildă, cînd ne găsim cu tot corpul în apă nu simțim presiunea exercitată asupra tegumentului de masa de apă. Tot așa dacă într-un vas cu mercur vîrîm mîna în metalul lichid, nu simțim presiunea la suprafața de contact cu mercurul. Simțim însă presiune, și într-un caz și în altul, la marginile zonei de contact. Avem impresia că numai în acel loc se exercită forța de apăsare.

De asemenea nu simțim presiunea exercitată de jos în sus cînd stăm în picioare cu tălpile așezate pe o suprafață netedă, însă prezența pe această suprafață a unui grăunte cît de mic este simțită, datorită forței de apăsare, deci de deformare a tegumentului și implicit a excitării receptorilor cu o intensitate mai mare în locul unde se găsește asperitatea respectivă.

Receptorii tactili se adaptează ușor la presiune, de aceea contactele permanente nu sînt percepute ; așa se face că îmbrăcămintea, încălțămintea, inelul din deget nu se fac simțite.

Acuitatea tactilă crește la orbi nu printr-o mărire a densității corpusculilor tactili în tegumentul de la vîrfurile degetelor, ci printr-o perfecționare compensatoare, realizată prin exercițiu, care duce la o capacitate de analiză crescută în segmentul cortical al analizatorului cutanat tactil.

2. Determinarea sensibilității termice

Sensibilitatea termică include sensibilitatea la cald și la rece. Receptorii specializați sînt corpusculii lui Ruffini pentru cald și ai lui Krause pentru rece, situați nu numai în tegumentul corpului, ci și în mucoasele : nazală, bucală, laringiană, stomacală. Avem senzația de cald sau rece cînd tegumentul vine în contact cu un corp a cărui temperatură este mai ridicată sau mai scăzută decît temperatura proprie.

Gradul de sensibilitate termică variază cu diferitele regiuni tegumentare. Teritoriile tegumentare mai sensibile la cald și rece sînt cele ale obrajilor, dosului mîinilor, care sînt mai sensibile la variațiile de temperatură decît fețele plamelor, degetelor. De asemenea, tegumentul din regiunea trunchiului este mai sensibil la cald și la rece, decît tegumentul extremităților. Sînt cunoscute azi pe tegument „puncte de cald" și „puncte de rece" în care acuitatea termică respectivă este mai mare. Această diferență de acuitate termică se explică prin densitatea mai mare sau mai mică a corpusculilor Ruffini și Krause în aceste „puncte".

Mod de lucru ● Intensitatea senzației de cald sau rece depinde și de mărimea suprafeței cutanate asupra căreia acționează agentul termic. Demonstrăm aceasta astfel : se introduce degetul unei mîini într-o baie cu apă caldă la 40° și cealaltă mînă, în totalitate, într-o altă baie cu apă tot la 40°. Subiectul are senzația că baia în care a introdus degetul este mai rece decît baia în care a introdus mîna.

● Capacitatea de diferențiere a intensității excitațiilor termice este mică și dependentă de temperatura regiunii cutanate asupra căreia acționează excitanții termici, putînd fi apreciată numai în mod comparativ de „mai cald" sau „mai rece", deci calitativ și nu cantitativ. Acest fapt poate fi pus în evidență astfel : folosim trei vase cu apă la temperaturi diferite : I (15°), II (30°), III (45°). Introducem mîna dreaptă în vasul cu apă la 15° și mîna stîngă în vasul cu apă la 45°. După 5 min, ambele mîini se introduc simultan în vasul cu apă la temperatura de 30°. Vom avea senzația de cald pentru mîna care, în prealabil, a fost ținută în apă la 15° și senzația de rece pentru mîna care a fost ținută în apă la 45°.

● Senzația de cald sau rece este cu atît mai intensă, cu cît corpul cu care vine în contact tegumentul este mai bun sau mai rău conducător de căldură. Ținem în mînă două obiecte, unul din metal, altul din lemn, ambele sînt încălzite la aceeași temperatură, dar cu cîteva grade mai ridicată decît temperatura tegumentului. Se va constata că obiectul din metal dă o senzație de cald mai puternică decît obiectul din lemn. Dacă răcim în mod egal cele două obiecte cu cîteva grade sub temperatura corpului, rezultatul este invers, adică metalul dă o senzație de rece mai puternică, decît lemnul din cauza conductibilității sale termice mai mari.

Explicație : metalul fiind mai bun conducător de căldură cedează și sustrage cu ușurință mai mare căldura tegumentului, decît o face obiectul din lemn care posedă o conductibilitate termică redusă.

B. ANALIZATORUL OLFACTIV

Analizatorul olfactiv este ansamblul morfofuncțional prin intermediul căruia se formează senzația olfactivă. Excitanții adecvați ai receptorilor olfactivi sînt substanțele chimice ce se găsesc în stare volatilă, în aerul inspirat. Receptorii olfactivi sînt situați în epiteliul senzorial al mucoasei nazale olfactive din cornetul (concha) superior. În respirația curentă aerul atinge doar marginea antero-inferioară a cornetului nazal superior și astfel mucoasa olfactivă nu vine în contact cu aerul proaspăt. Datorită difuziunii aerului respirat în interiorul spațiului cornetului superior se produce senzația olfactivă. Prin adulmecare aerul inspirat este antrenat mai intens spre cornetul superior și astfel excitarea chemoreceptorilor olfactivi se face cu mult mai repede, cu latență mai mică. Pragul de excitare al receptorilor olfactivi este variabil cu starea fiziopatologică a subiectului și cu durata de acțiune a substanței mirositoare.

În legătură cu fiziologia analizatorului olfactiv propunem următoarele experiențe :

Mod de lucru ● Se vor pregăti sticluțe cu soluții odorante : benzen, toluen sau altă substanță volatilă, în concentrația cea mai mică care poate fi percepută și se va cere unui elev să identifice mirosul. Se va observa că el va face o inspirație profundă sau inspirații scurte, repetate, de adulmecare. După cîteva exerciții, elevul reușește să identifice după miros substanța odorantă.

● Se va da unui elev să mănînce, de pildă, un măr cu o anumită aromă și i se va cere să spună dacă simte mirosul deosebit. Se va observa că acesta, triturînd mărul în cursul masticației, expiră aerul din cavitatea bucală, prin choane, spre cavitățile nazale. Acest procedeu al degustării este folosit în aprecierea aromelor substanțelor alimentare.

Deci, substanțele odorante ajung la receptorii olfactivi prin inspirația aerului încărcat cu particule odorante prin fose și prin expirarea lui din cavitatea bucală prin choane.

● Se dă unui elev să inspire timp îndelungat aer în care se găsește o cantitate crescută de substanțe odorante. Elevul declară după un timp că nu mai simte mirosul respectiv. Înlocuind substanța odorantă, elevul declară că simte mirosul noii substanțe.

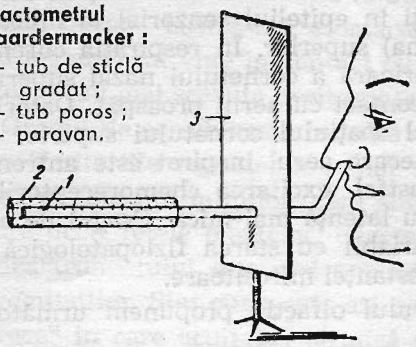
Explicație : în primul caz s-a produs oboseala receptorilor olfactivi pentru acea substanță, receptorii rămîn totuși sensibili pentru o altă substanță odorantă.

Olfactometria

Gradul de olfacție poate fi apreciat prin măsurarea minimului de substanță odorantă identificabilă, echivalent cu pragul de percepere. Metoda de măsurare a acuității olfactive este olfactometria. În acest scop se folosește olfactometrul Zwaardermacker sau unul improvizat în școală. Acest aparat constă dintr-un tub de sticlă lung de circa 40 cm cu un capăt îndoit pentru a putea fi introdus în narină. Celălalt capăt prezintă gradații, la intervale de 0,5 cm. Porțiunea gradată a tubului de sticlă alunecă în interiorul unui alt tub dintr-un material poros sau în inte-

riorul unui tub de cauciuc (fig. 67). Dacă acest al doilea tub este scos de pe tubul *1* (gradat) se poate citi pe acesta din urmă, distanța cu care tubul *2* depășește tubul *1*.

Fig. 67.
Olfactometrul Zwaardermacker :
1 – tub de sticlă gradat ;
2 – tub poros ;
3 – paravan.



Mod de lucru ● Se impregnează tubul poros cu o substanță odorantă, după care se introduce în interiorul lui tubul de sticlă gradat, potrivindu-se cap la cap. Se aplică un paravan de hîrtie, în apropierea capătului îndoit al tubului gradat pentru ca subiectul să nu vadă cu cît alunecă tubul poros în afară.

Subiectul este invitat să inspire puternic și scurt de cîteva ori. Cînd cele două tuburi se găsesc cap la cap, aerul inspirat nu vine în contact cu substanța odorantă din tubul poros și în consecință, subiectul nu are nici o senzație olfactivă. După aceasta, experimentatorul face să alunece încet tubul poros de pe tubul de sticlă pînă cînd subiectul declară că a simțit mirosul substanței cu care a fost impregnat tubul poros. Cu cît suprafața tubului poros care vine în contact cu aerul inspirat este mai mare, cu atît numărul particulelor mirositoare antrenate de aer este mai mare și acuitatea olfactivă este mai mică, și invers. După 10 min se utilizează un alt tub poros impregnat cu altă substanță și se cercetează acuitatea olfactivă în raport cu aceasta. Se constată că acuitatea olfactivă variază în funcție de substanța mirositoare cercetată. Sensibilitatea olfactivă variază în funcție de umiditate, temperatură, presiune atmosferică (factori externi), precum și în funcție de starea fiziologică (factori interni). Astfel, în stările emotive acuitatea olfactivă crește. Starea de inflamație a mucoasei nazale micșorează sensibilitatea olfactivă. Adaptarea la un anumit miros duce la diminuarea acuității olfactive pentru acesta.

Concluzii

Analizatorul olfactiv este un analizator chimic, exteroceptorii olfactivi sînt excitați de substanțe odorante din mediu. Importanța biologică a sensibilității olfactive constă în decelarea prezenței în aer a unor substanțe chimice dintre care unele ar putea fi nocive ; împreună cu simțul gustului are rol în controlul calității alimentelor.

C. ANALIZATORUL GUSTATIV

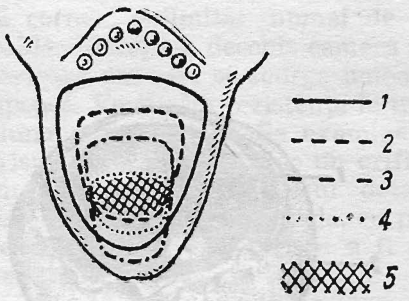
Senzațiile gustative primare sau fundamentale de dulce, acru, sărat și amar sînt determinate de impulsuri nervoase declanșate la nivelul receptorilor gustativi și care sînt transmise prin căi nervoase în centrii corticali.

Receptorii gustativi, în majoritate, sînt situați pe mucoasa bucală linguală, dar în număr redus și pe mucoasa palatului moale, faringe, epiglotă și regiunea cartilajelor aritenoide.

Fig. 68.

Contururile de pe suprafața limbii reprezintă zone lipsite de sensibilitate gustativă pentru :

1 – amar ;
2 – dulce ;
3 – sărat ;
4 – acru ;
5 – orice sensibilitate gustativă.



Cele patru senzații gustative nu se produc cu aceeași intensitate prin excitarea receptorilor din mucoasa bucală ; există receptori specializați și distribuiți topografic pentru fiecare din gusturile primare (fig. 68).

Experimental putem pune în evidență specializarea receptorilor gustativi și distribuția lor topografică astfel :

Material necesar : sticluțe mici cu diferite soluții : de zahăr, de glucoză, acid acetic, sare de bucătărie, sare amară, chinină în concentrații variabile, tampoane mici de vată cam cît un bob de mazăre, pensă anatomică, pahare.

Mod de lucru ● Tampoanele de vată se mînuiesc cu pensa separat pentru fiecare soluție și fiecare elev. Se îmbibă un tampon de vată de exemplu, în soluție de NaCl. Se aplică pe limbă mai întîi în regiunea centrală, apoi pe lături și spre rădăcina limbii și apoi pe vîrful ei.

Elevul va indica de fiecare dată senzația obținută. În acest fel se procedează și cu celelalte soluții. Se va remarca diferența calitativă în sensibilitatea gustativă față de diferitele substanțe sapide ale aceluiași subiect, precum și gradul de acuitate gustativă variabil de la un elev la altul. Solicităm un elev să bea un lichid sărat, acru sau amar și după aceea apă ; aceasta va părea mai dulce. Vom putea remarca că acrul sau amarul și dulcele se intensifică unul pe celălalt.

Experimental constatăm că pe vîrful limbii sînt localizați receptorii excitați de substanțe care determină senzația de dulce și sărat, pe marginile limbii, corpusculi specializați pentru substanțe care determină senzația de acru, iar pe rădăcina limbii sînt localizați cei excitați de substanțe care dau senzația de amar.

Concluzie

Analizatorul gustativ este un analizator chimic cu importanță biologică majoră în decelarea alimentelor și a apei.

D. ANALIZATORUL VIZUAL

Analizatorul vizual este ansamblul morfofuncțional prin care se formează și se analizează senzațiile luminoase.

Studiul anatomic al organului de simț optic se poate face pe ochi de bou, luat de la abator, sau pe ochi neenucleați, atunci cînd dispunem de capul unui mamifer, pentru a studia și organele anexe.

Mod de lucru ● *In situ* putem observa organele de protecţie, pleoapele care delimitează fanta palpebrală. Apucînd cu pensa o pleoapă şi răsfrîngînd-o se observă conjunctiva care căptuşeşte faţa internă a pleoapelor şi faţa externă a globului ocular pînă la limita corneei. În unghiul intern, nazal, al ochiului vedem pliul semilunar, vestigiu al celei de-a treia pleoape existente la păsări, reptile, batracieni. Secţionînd pleoapa superioară în unghiul extern observăm glanda lacrimală. Secţionînd apoi conjunctiva de jur împrejur se pătrunde în cavitatea orbitară.

Pentru a putea scoate în afară globul ocular secţionăm inserţiile muşchilor de pe ecuatorul globului şi nervul optic. Examinînd spaţiul orbitar observăm că este umplut cu grăsime, că cei şase muşchi ai globului ocular formează un con prin mijlocul căruia trece nervul optic şi sînt inseraţi la cealaltă extremitate, în fundul peretelui orbitar cu excepţia muşchiului micul oblic, care se inseră lateral pe peretele orbitar.

● Disecţia globului ocular (figura 69) începe cu curăţirea lui de grăsime, ţesut conjunctiv, muşchi, pînă se ajunge la prima tunică — sclerotica. Aceasta este o membrană de culoare albă-cenuşie, fibroasă opacă, bombată şi transparentă anterior — corneea transparentă, iar

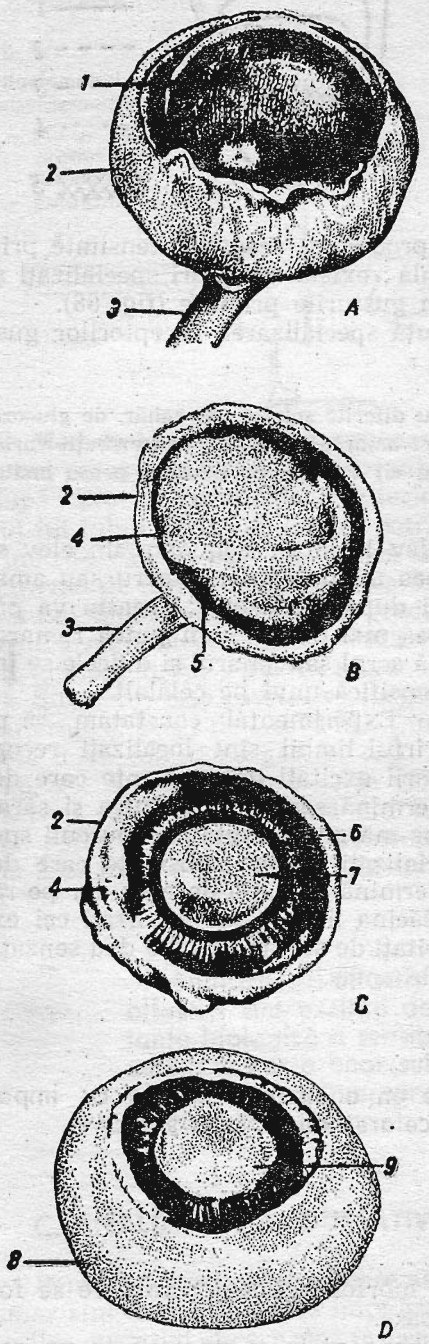


Fig. 69.

Disecţia ochiului la bou :

A – glob ocular drept ;
B – calotă posterioară ;
C – calotă anterioară ;
D – corp vitros şi cristalinul ;
1 – cornee ;
2 – sclerotică ;
3 – nerv optic ;
4 – coroidă ;
5 – pată oarbă ;
6 – iris ;
7 – pupilă ;
8 – corp vitros ;
9 – cristalin.

la polul posterior al globului ocular, străbătută de nervul optic. Cu un bisturiu ascuțit sau cu o lamă de ras se face o incizie în sclerotică, pe linia ecuatorială, evitînd pătrunderea în cavitatea globului ocular. Cînd se ajunge la coroidă se încetează secționarea în profunzime. Cu un foarfece curb orientat cu vîrful în sus, introdus în incizia începută cu bisturiul, se continuă secționarea scleroticii pe linia ecuatorială. Plecîndu-se de la marginile secțiunii se fac alte secțiuni orientate spre emergența nervului optic.

Sclerotica fiind ușor aderentă de coroidă, lambourile scleroticii se detașează în evantai și se fixează cu ace pe planșetă. Se observă ochiul delimitat de coroidă, membrană de culoare brună pe fața dinspre sclerotică și neagră pe fața dinspre retină, căci desprinzîndu-se de retină de care e lipită, ia cu sine și pătura pigmentară neagră a retinei (care nu-i aparține, dar care e intim aderentă de coroidă).

Procedăm apoi la îndepărtarea jumătății anterioare a scleroticii, pentru care facem o secțiune cu foarfecele, pînă la cornee și o îndepărtăm împreună cu aceasta. Globul ocular rămîne astfel fără sclerotică și cornee, delimitat numai de coroidă. Astfel s-a deschis camera anterioară din care se scurge umoarea apoasă. Verificăm rezistența la tracțiune a scleroticii. Se examinează irisul, care are la mijloc un orificiu circular — pupila. Irisul detașat este pus pe o lamă de sticlă, cu partea internă în sus pentru a fi observat.

Îndepărtînd irisul descoperim fața anterioară a cristalinului. Prin transparența cristalinului, cu rol de lentilă, se poate examina fundul ochiului. Se văd retina cu pata oarbă și cu pata galbenă, vasele de sînge.

Se desprinde acum cristalinul și i se cercetează proprietățile optice : se citește prin el un text de ziar și se observă că literele apar foarte mărite.

Luînd cristalinul între degete pentru a aprecia gradul de consistență, la o ușoară presiune se desprinde ușor o membrană fină, denumită capsula cristalinului. După îndepărtarea cristalinului apare umoarea vitroasă care formează un corp transparent, omogen, cu o consistență caracteristică.

După îndepărtarea corpului vitros se poate observa direct retina.

Concluzie

Corneea, umoarea apoasă, cristalinul, umoarea sticloasă sînt medii transparente cu o consistență diferită, ceea ce conferă variate grade de refracție și realizează în ansamblu un sistem dioptric adecvat formării imaginii pe retină ; în repaus acest sistem dioptric are aproximativ 60 dioptrii.

Acomodarea ochiului

Capacitatea ochiului pentru a vedea obiectele clar în spațiu se datorește proceselor de adaptare care au loc la nivelul irisului, cristalinului și al retinei. Această adaptare poartă numele de acomodare și poate fi demonstrată astfel :

1. Reflexul pupilar

Este un reflex fotomotor de acomodare.

Ochiul are capacitatea de a regla cantitatea de lumină ce pătrunde în interiorul lui prin mărirea sau micșorarea spațiului pupilar. Aceasta este determinată de starea de contracție sau relaxare a fibrelor musculare din iris, dispuse radiar și circular. Cînd fibrele musculare radiare se contractă, cele circulare se relaxează, spațiul pupilar crește, fenomen denumit midriază, și cantitatea de lumină ce pătrunde în ochi este mai mare. Cînd fibrele musculare circulare se contractă, cele radiare se relaxează, spațiul pupilar se micșorează, fenomen denumit mioză. Mioza și midriaza sînt reflexe fotomotorii coordonate de sistemul nervos vegetativ.

Mod de lucru ● Este așezat un elev în fața unei surse de lumină, i se acoperă ochii cu palma și se ține astfel 2—3 min. I se atrage atenția elevului că la descoperire să privească cu ochii larg deschiși spre sursa de lumină. Se îndepărtează apoi palma și i se privesc pupilele. Se constată că la început acestea sînt mult mărite, dar că ele se micșorează treptat si destul de repede, devenind punctiforme, dacă sursa de lumină este intensă ; la întuneric s-a produs midriază, la lumină mioză.

● Procedînd ca în cazul precedent se ridică palma de pe un singur ochi, care astfel este expus direct luminii. De pe celălalt ochi, palma se ridică puțin, fără a da posibilitatea luminii să acționeze direct asupra irisului, dar permițînd observarea ochiului. Se constată că și acest al doilea ochi prezintă reflexul pupilar de mioză deși el nu a fost expus direct acțiunii luminii. Fenomenul se explică prin acțiunea constrictoare sinergică a mușchilor iridoconstrictori inervați de parasimpatic.

● Rolul componentelor nervoase vegetative în reglarea reflexului pupilar poate fi pus în evidență pe ochi de broască, utilizînd mediatori chimici adrenergici și colinergici.

Material necesar : broaște, cristalizoare mici, tavă de disecție, trusă de disecție, ace cu gămălie, vată, ser fiziologic (Ringer), soluție de adrenalină 1/10 000, soluție de pilocarpină 2%, soluție de acetilcolină 1/100 000, soluție de atropină 1%.

Mod de lucru ● Se pregătesc patru cristalizoare mici cu soluție Ringer (ser fiziologic) și alte patru cu soluție Ringer, la care se adaugă cîte una din soluțiile indicate mai sus (adrenalină, pilocarpină, acetilcolină, atropină). Broasca se paralizează și se fixează pe plută, cu fața dorsală în sus. Se enucleză (extirpă) ambii ochi de la fiecare broască, cu ajutorul unui foarfece fin. Disecția se face cu grijă pentru a nu se leza globii oculari. Din cei doi ochi ai fiecărei broaște, unul servește drept martor și se pune în soluția Ringer, iar celălalt este introdus în soluția a cărei acțiune asupra irisului vrem să o constatăm. Astfel efectul asupra irisului se controlează prin compararea spațiului pupilar al aceleași perechi de ochi (fig. 70).

Se va constata că ochii care au stat în soluția de adrenalină și în cea de atropină au pupila mărită — midriază, pe cînd ochii care au stat în soluția de acetilcolină și în cea de pilocarpină, au pupila micșorată — mioză.

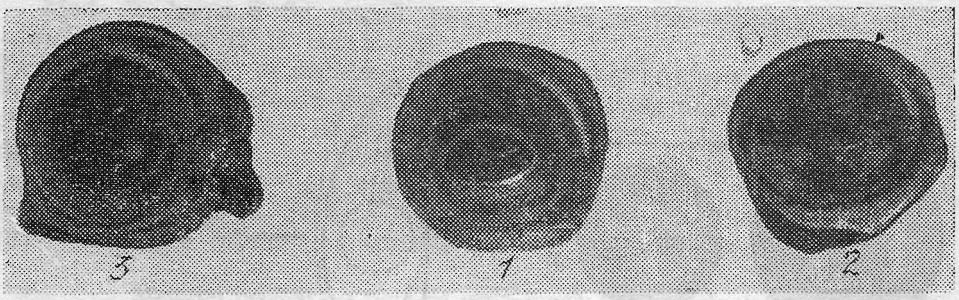


Fig. 70.

Ochi de broască :

1 – ochi normal ;
2 – ochi cu pupila micșorată (miozǎ) ;
3 – ochi cu pupila dilatată (midriază).

Concluzii

Adrenalina are acțiune simpaticomimetică, provocînd contracția mușchilor radiari ai irisului și, ca urmare, dilatarea pupilei (midriază). Atropina este parasimpaticomimetică și ca urmare devine predominant tonusul mușchilor radiari față de al celor circulari, cu efect midriatic. Acetilcolina și pilocarpina provoacă contracția mușchilor circulari ai irisului și, ca urmare, micșorarea pupilei (miozǎ).

Reflexele iridoconstrictoare și iridodilatatoare – reflexe fotomotorii – sînt coordonate de nuclei vegetativi parasimpatici din pedunculii cerebrali și nuclei simpatici cervicali.

2. Acomodarea pentru vederea obiectelor situate la diferite distanțe

Vederea clară a obiectelor situate la distanțe diferite între punctele remotum și proximum se realizează prin activitatea reflexă a mușchilor ciliari, care determină modificarea curburii suprafețelor cristalinului, cu intensitatea necesară focalizării razelor de lumină pe retină. Demonstrăm aceasta prin următoarele experiențe :

Imaginile lui Purkinje

Mod de lucru ● Într-o cameră obscură așezăm în fața ochiului unei persoane care privește în depărtare, puțin lateral față de axul ochiului, o lumînare aprinsă și din partea cealaltă, din același unghi, privim spre pupila respectivă. Vom observa trei imagini oglindite ale făcliei lumînării (imaginile lui Purkinje), dintre care două sînt drepte și una răsturnată (fig. 71). Cea mai luminoasă *(1)* este cea reflectată de fața anterioară a corneei, care se comportă ca o oglindă convexă și este o imagine dreaptă. A doua imagine *(2)*, cea mijlocie, este de asemenea dreaptă, dar ceva mai mare și mai puțin luminoasă și este reflectată de fața anterioară a cristalinului, care se comportă tot ca o lentilă convexă. A treia imagine *(3)* este mai mică, răsturnată și repre-

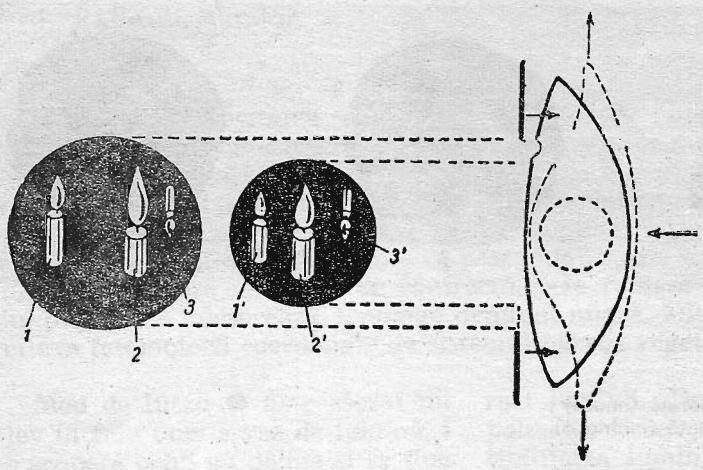


Fig. 71.
Experiența lui Purkinje.
Săgețile indică forțele care se exercită asupra cristalinului.

zintă imaginea reflectată de fața posterioară a cristalinului care joacă rolul unei oglinzi concave.

După observarea celor trei imagini invităm subiectul să privească un obiect apropiat. Se constată că imaginile date de fețele cristalinului s-au micșorat. Mai evidentă este micșorarea celei de-a doua imagini, dată de fața anterioară a cristalinului. În timpul acomodării pentru vederea obiectului apropiat, convexitățile suprafețelor anterioară și posterioară ale cristalinului se măresc prin micșorarea razelor de curbură, această convexitate fiind mai intensă pentru suprafața anterioară.

● Mecanismul acomodării poate fi pus în evidență și în felul următor : subiectul (un elev) fixează cu privirea un obiect pe care-l ține cu mîna sa avînd brațul întins. Observatorul (un alt elev) stă într-o parte, cu fața spre subiect și-i privește acestuia ochiul. Se comandă subiectului să apropie obiectul din ce în ce mai mult ; ochiul se acomodează pentru distanțe din ce în ce mai mici. Două fenomene sînt perceptibile observatorului : mai întîi o variație a diametrului pupilar care devine mai mic pe măsura apropierii obiectului, apoi o ușoară deplasare înainte a irisului, provocată de bombarea feței anterioare a cristalinului (fig. 72).

● Cristalinul nu se poate acomoda în același timp decît pentru o singură distanță. Prin experiențele următoare se poate face dovada acestui fapt :

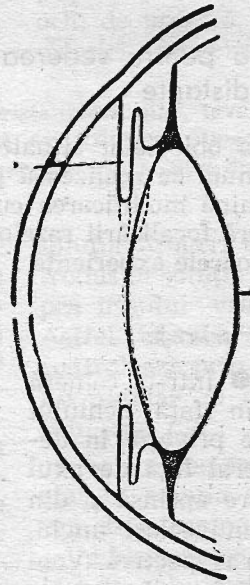


Fig. 72.
Acomodarea cristalinului :
linia continuă – cristalin fără acomodare ;
linia **punctată – cristalin** cu acomodare ;
1 – cristalin ;
2 – iris.

Material necesar : o planșetă de desen (sau tabla clasei), un text tipărit, o bucată de tifon sau o sită metalică.

Mod de lucru ● Se așază pe planșetă sau pe tablă textul tipărit, iar în fața lui, la oarecare distanță, se întinde tifonul sau sita. Privind prin sită, de la oarecare distanță, se constată că se poate citi textul, dar nu se distinge clar rețeaua sitei. Dacă se fixează însă privirea asupra rețelei, caracterele textului se văd difuz și nu se pot citi.

Aceeași experiență se poate face și mai simplu ținînd un vîrf de creion între textul tipărit și ochi. Dacă se fixează textul, vîrful de creion se vede difuz, iar dacă se fixează privirea asupra vîrfului de creion, textul nu se mai vede clar.

Material necesar : o riglă de lemn lungă de 1 m, care la unul din capete are un carton fixat vertical, ace cu gămălie.

Experiența lui Scheiner

Mod de lucru ● Se înfig în riglă două ace, unul la 15 cm depărtare de cartonul fix, celălalt la 60 cm. În carton, la înălțimea gămăliilor de ac se fac, cu un ac, două găuri, depărtate între ele la distanța de 2 mm (mai mici decît diametrul pupilei). Cele două ace sînt așezate în linie dreaptă, a cărei prelungire trece prin mijlocul distanței dintre cele două orificii ale cartonului fix. Montajul realizat se așază pe masă, sau pe un suport, încît să ajungă la înălțimea ochiului persoanei care privește (fig. 73). Subiectul privește, din apropiere cu un ochi, prin cele două orificii la primul ac *(1)*, pe care îl vede clar, în timp ce acul *(2)* apare sub forma unei imagini duble și difuze *(I)*. Subiectul privește acum acul depărtat *(2)*, pe care îl vede clar, pe cînd acul apropiat *(1)* apare sub forma unei imagini duble și difuze *(II)*.

Explicație : cînd ochiul privește acul apropiat *(1)*, cristalinul se bombează și razele focalizează pe retină, dînd o imagine unică pe pata galbenă. Concomitent razele de lumină care vin de la acul îndepărtat *(2)*, trecînd prin acest cristalin bombat, focalizează în două puncte simetrice față de pata galbenă și se formează două imagini neclare *(I)*. Cînd ochiul privește acul îndepărtat *(2)*, cristalinul se acomodează pentru distanța de 60 cm și este turtit, iar razele pornind din *(2)* focalizează pe retină dînd o imagine clară în pata galbenă. Razele care vin de la punctul apropiat *(1)* focalizează în două puncte diferite pe retină (simetrice petei galbene) dînd două imagini neclare *(II)*.

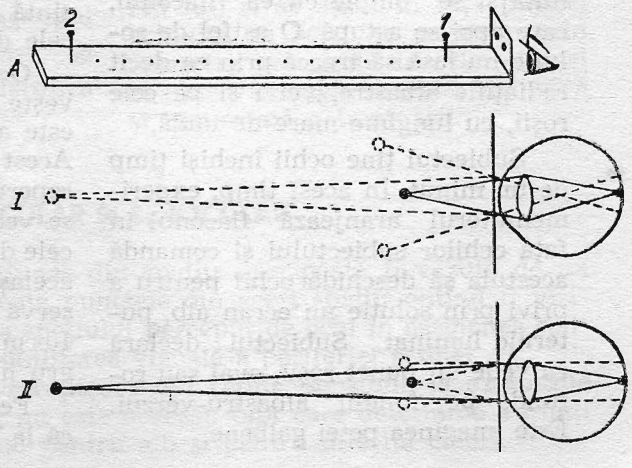


Fig. 73.
Experiența lui Scheiner :
A – dispozitivul pentru experiența lui Scheiner :
1 – 2 – ace ;
I – fixarea punctului apropiat ;
II – fixarea punctului îndepărtat.

Concluzii

Pentru ca imaginea unui obiect privit să fie clară, razele ce vin de la el trebuie să focalizeze pe retină. Datorită elasticității cristalinului și activității motorii reflexe a mușchiului ciliar, convergența fețelor cristalinului variază focalizînd pe retină. Ca urmare, în același moment, pe retină se formează imagini clare numai pentru obiectele ce se găsesc în același plan, restul apar ca imagini neclare.

Sistemul de acomodare al cristalinului funcționează în mod reflex sub control nervos vegetativ. În hipermetropie și presbitism se face corectarea forței de refracție a cristalinului cu lentile convergente, iar în miopie cu lentile divergente.

Punerea în evidență a petei galbene și a punctului orb

La polul posterior al ochiului, în depresiunea numită fovea centrală, retina are acuitate vizuală maximă. La 3,5 mm mai jos de fovea centrală, către unghiul intern al orbitei, este locul pe unde fibrele nervului optic părăsesc globul ocular. Aici nu se găsesc elemente receptoare și deci nu se formează imagine, fapt pentru care se numește punctul orb. Experimental punem în evidență rolul acestor două regiuni retiniene astfel :

Material necesar : soluție de alaun de crom 5%, flacon cu pereții plani de aproximativ 5 cm grosime, ecran alb luminat puternic.

Experiența lui Maxwell pentru punerea în evidență a petei galbene

Mod de lucru ● După ce s-a dizolvat alaunul de crom se filtrează soluția albastră-verzuie astfel obținută și se umple cu ea flaconul, care apoi se astupă. O astfel de soluție nu lasă să treacă prin ea decît radiațiile albastre, verzi și pe cele roșii, cu lungime mare de undă.

Subiectul ține ochii închiși timp de un minut. În acest timp, experimentatorul aranjează flaconul în fața ochilor subiectului și comandă acestuia să deschidă ochii pentru a privi prin soluție un ecran alb, puternic luminat. Subiectul declară că vede un punct roșu, oval sau rotund, pe fondul albastru-verzui. Este imaginea petei galbene.

Experiența lui Mariotte pentru punerea în evidență a punctului orb

Mod de lucru ● Pe o bucată de hîrtie de 20/15 cm se desenează două repere (o cruciuliță și un disc negru) la o distanță de 6 cm (reprezintă distanța aproximativă dintre cele două pupile) (fig. 74).

Ochiul stîng fiind închis, se privește cu ochiul drept reperul care este așezat la stînga (cruciulița). Acest reper se vede clar, în timp ce reperul din dreapta (discul negru) se vede difuz. Se apropie hîrtia cu cele două repere, privindu-se mereu același reper (cruciulița). Se observă că, la o distanță de circa 15 cm de ochi, reperul — discul negru nu se mai vede deloc.

Fenomenul se datorește faptului că la această distanță, imaginea re-

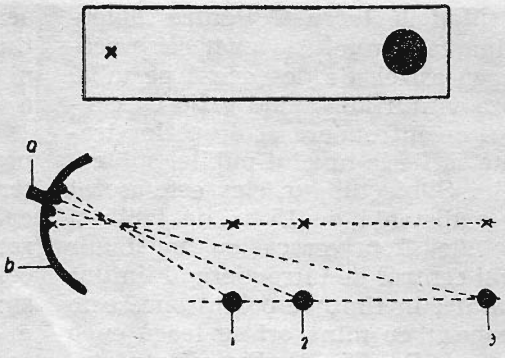


Fig. 74.

Demonstrarea existenței punctului orb :
1, 2, 3, — poziții diferite față de ochi ;
a — nerv optic ;
b — retină ; cînd cerculețul negru se găsește în *2*, imaginea lui se proiectează pe punctul orb și de aceea nu este văzut.

perului negru se proiectează pe retină în dreptul petei oarbe, adică acolo unde lipsesc elementele sensibile și nu se formează imaginea.

3. Formarea imaginilor retiniene

În mod normal, imaginile obiectelor privite care se formează pe retină sînt clare și răsturnate.

Demonstrarea formării imaginilor răsturnate pe retină se poate face ușor pe un ochi proaspăt obținut de la un animal de curînd sacrificat.

Material necesar : ochi proaspăt de bou, trusă de disecție cu bisturiu sau lame bine ascuțite, suport cu cleme, o lumînare sau o lampă electrică al cărei bec este acoperit de o hîrtie neagră în care s-a tăiat cu foarfecele o siluetă oarecare (de pildă, silueta unei lumînări aprinse).

Mod de lucru ● Se îndepărtează de pe globul ocular toate anexele sale (mușchi, grăsimi). În dreptul petei galbene, se taie sclerotica făcînd o fereastră de circa 5×5 mm, cu un bisturiu sau o lamă foarte bine ascuțite, care se țin tagențial cu suprafața globului ocular ; se taie lamele subțiri din sclerotică pînă se ajunge la coroidă.

Globul ocular astfel pregătit se pune pe o plăcuță și se fixează între două cleme. Sala în care se observă imaginea trebuie să fie obscură.

Se aprinde lumînarea (sau becul cu silueta decupată în învelitoarea lui) și se așază în fața pupilei ochiului de bou. Se privește prin fereastra practicată în sclerotică și se observă imaginea reală, mai mică și răsturnată a lumînării.

CÎMPUL VIZUAL MONOCULAR ȘI BINOCULAR

Numim cîmp vizual porțiunea din spațiu care poate fi văzută de un ochi ce are o poziție fixă, toate punctele din acest spațiu putînd fi vizibile în același timp. Mărimea spațiului perceput de ochi în asemenea condiții este determinată de posibilitatea vizuală a periferiei retinei.

Răspîndirea elementelor receptoare din retină, sensibile la excitațiile luminii albe și ale culorilor, nu este aceeași, fapt care determină variații ale suprafeței cîmpului vizual pentru alb și pentru diferite culori.

Mod de lucru ● Pentru determinarea cîmpului vizual se procedează astfel. Se desenează pe tablă roza vînturilor avînd grijă ca centrul de întretăiere al dreptelor trasate să fie la nivelul pupilei subiectului. Subiectul (un elev este aşezat la o distanţă de 15 cm de tablă şi trebuie să privească cu un singur ochi centrul de întretăiere al liniilor trasate, în timp ce ochiul opus este acoperit cu mîna ori se leagă cu o basma (fig. 75, *A*). Experimentatorul deplasează o cretă albă în lungul fiecărei linii trasate pe tablă începînd de la periferie spre centru. Cînd subiectul, care priveşte mereu numai în centru, declară că a perceput culoarea albă se marchează punctul respectiv. După marcarea punctelor pe toate liniile, acestea se unesc între ele şi se obţine un poligon care reprezintă cîmpul vizual şi al cărui perimetru depinde de aria de răspîndire a elementelor retiniene sensibile la excitaţiile luminii albe. Obţinem proiecţia în plan a cîmpului vizual monocular.

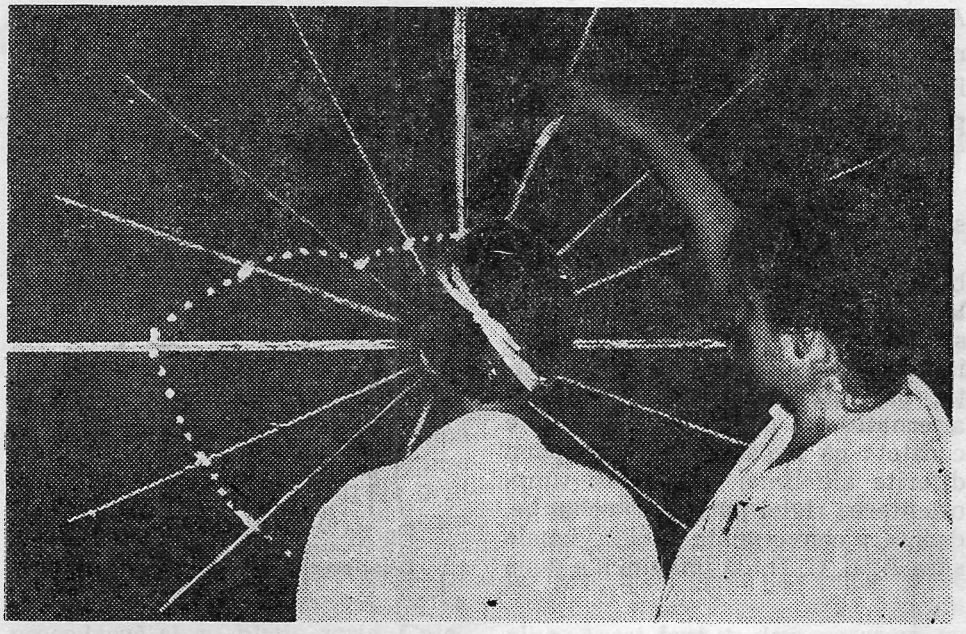
Folosindu-se creta colorată şi procedîndu-se în acelaşi fel, se determină cîmpul vizual al fiecărei culori, de pildă pentru albastru, roşu, verde (fig. 75, *B*). Limitele cele mai largi ale cîmpului vizual sînt pentru lumina albă. Aceste limite sînt mai extinse spre partea temporală şi inferioară a ochiului şi mai reduse în partea nazală şi superioară.

Se determină, în acelaşi mod, cîmpul vizual pentru ochiul celălalt şi se constată că cele două cîmpuri se suprapun în regiunile lor nazale. Deosebim deci un cîmp vizual comun, vederea binoculară, în care vedem cu ambii ochi şi cîmpul vizual monocular, în care vedem numai cu un ochi.

Simetria cîmpurilor retiniene ale celor doi ochi

Deşi vedem cu doi ochi, senzaţia vizuală este unică, datorită faptului că imaginile retiniene pentru un obiect se realizează în arii retiniene simetrice ale celor doi ochi, de la care impulsurile nervoase converg central în aceeaşi arie corticală. Ariile retiniene situate pe aceeaşi parte (dreaptă sau stîngă) sînt simetrice, spre exemplu, aria retiniană din dreapta a celor doi ochi corespunde cu aria retiniană temporală a ochiului drept şi cu aria retiniană nazală a ochiului stîng.

Dovedim necesitatea formării imaginilor în puncte simetrice apăsînd cu indexul pe pleoapa inferioară şi deplasînd uşor privirea în sus, vom vedea imaginea obiectelor privite, cu un contur dublu. Această imagine dublă se datoreşte transmiterii excitaţiilor retiniene, produse în zone nesimetrice, în arii corticale optice corespunzătoare acestor două zone. În condiţii patologice, cînd muşchii oculomotori nu menţin axele vizuale convergente spre obiectul privit şi imaginile se formează în arii nesimetrice, apare imaginea cu contur dublat sau diplopia. Aceasta ne arată că în mod normal axele ambilor ochi sînt centrate pe acelaşi punct, astfel că imaginea se formează pe ambele pete galbene, în arii retiniene simetrice. Transmiterea concomitentă a excitaţiilor din ariile retiniene simetrice determină în segmentul central o singură senzaţie vizuală, datorită unui proces de fuziune centrală. Dacă axele ochilor nu sînt centrate pe acelaşi punct, atunci imaginile formate în arii retiniene nesimetrice se proiectează în arii corticale optice corespunzătoare fiecărei arii retiniene şi se formează senzaţii vizuale duble.



A

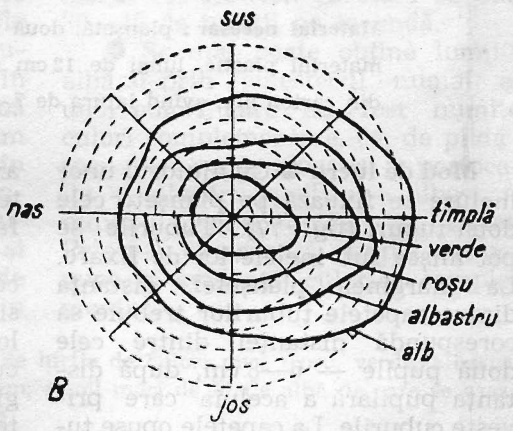


Fig. 75.

A. Demonstrarea cîmpului vizual al ochiului stîng.
B. Perimetrul cîmpului vizual al ochiului drept pentru alb şi diferite culori.

Percepţia imaginilor în relief – vedere stereoscopică

Percepţia reliefului este slabă în vederea monoculară; ea este perfectă în vederea binoculară, care dă posibilitatea să se aprecieze în mod corect forma şi situaţia obiectelor în spaţiu.

Vederea în relief se bazează pe două fenomene fundamentale :

— modificări în convergenţa axelor globilor oculari ;

— disocierea imaginilor retiniene.

Variaţiile unghiului de convergenţă a celor două axe optice face ca acestea să se întretaie la nivelul obiectului privit. În aceste condiţii, imaginile se formează în puncte corespondente pe cele două retine.

Această corespondență este indispensabilă pentru a permite fuziunea la nivelul scoarței a celor două imagini ; altfel apare diplopia. Disocierea imaginilor retiniene se datorește faptului că cei doi ochi văd toate punctele obiectelor sub unghiuri de convergență diferită.

Disocierea imaginilor retiniene se verifică astfel :

Se ia o riglă cu marginile deosebit colorate, se așază cu un capăt la baza nasului, iar celălalt capăt se sprijină cu degetul arătător, astfel încît rigla este menținută în poziție orizontală (fig. 76). Închizînd alternativ un ochi, apoi celălalt, se constată că fiecare ochi vede părți diferite ale liniei. În același timp, orientarea riglei pare să se schimbe, deoarece convergența axelor vizuale spre A, B, C, D, dă imaginea a două linii divergente începînd de la punctul fixat.

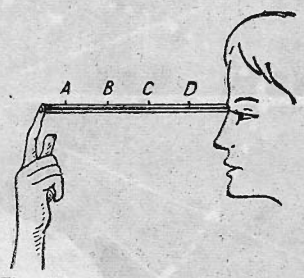


Fig. 76.
Disocierea imaginilor retiniene.

Experiența lui Wheatstone

Material necesar : planșetă, două tuburi de carton sau de metal, ori din material plastic, lungi de 12 cm și cu diametrul de 2 cm, două cuburi din carton alb, avînd latura de 7—8 mm.

Mod de lucru ● Cu ajutorul unor inelușe se fixează pe planșetă cele două tuburi (fig. 77). Tuburile se pot mișca sub inelele lor de fixare. La marginea planșetei, distanța dintre capetele tuburilor trebuie să corespundă distanței dintre cele două pupile — 6—8 cm, după distanța pupilară a aceluia care privește cuburile. La capetele opuse tuburile sînt apropiate. Se așază la 2—3 cm înaintea fiecărui tub cîte un cub pe a cărui față anterioară este desenat un punct negru. Fiecare cub este așezat în prelungirea axului optic al unui ochi, iar punctele negre sînt simetric opuse unul față de altul.

Subiectul privește cuburile prin cele două tuburi, și cînd acestea sînt situate exact pe axele optice ale celor doi ochi, el vede un singur cub cu două puncte negre. Această imagine se formează în punctul de intersecție al celor două axe.

Deci, convergența axelor optice este necesară pentru ca percepția celor două imagini ale unui obiect să fie transformată într-o senzație unică fuzionată.

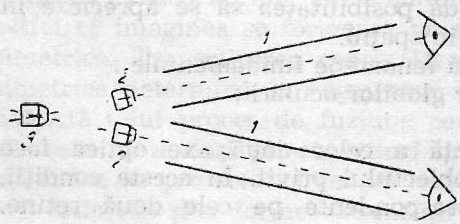


Fig. 77.
Experiența lui Wheatstone :
1 — tuburi ;
2 — cuburi ;
3 — imaginea cuburilor ce se formează la punctul de intersecție a celor două axe.

4. Vederea cromatică

Ochiul exersat poate să distingă în spectrul luminii albe cîteva sute de nuanțe ale celor 7 culori clasice. Se pot face în școli experiențe demonstrative privind culorile obiectelor. Experiențele se fac în cameră obscură.

Material necesar : aparat de proiecție, ecran alb, sticlă colorată (verde, roșie, albastră, galbenă), bucăți de hîrtie verde și roșie.

Mod de lucru ● Verificăm faptul că proiectînd lumina albă pe ecran, acesta apare alb. Dacă în calea fasciculului luminos alb proiectat pe ecran se pune un filtru (una din sticlele colorate), ecranul apare de culoarea luminii care trece prin filtru. Se fixează o foaie de hîrtie verde pe ecran și se proiectează lumina albă ; hîrtia apare verde pe fondul alb al ecranului. La fel se procedează și cu hîrtia roșie. Culorile celor două hîrtii se datoresc faptului că reflectă numai radiațiile cu lungime de undă ce compun culoarea respectivă. Apoi se pune în calea fasciculului de lumină albă filtrul verde ; ecranul devine acum verde și foaia de hîrtie colorată în verde se distinge mai greu pe fondul verde al ecranului. Se înlocuiește filtrul verde cu cel roșu și ecranul devine roșu, dar foaia verde de pe ecran devine neagră, din cauză că se absorb, în acest caz, total radiațiile emise de fasciculul de lumină albă. Experiența poate fi realizată folosind și celelalte filtre.

Sinteza luminii. Culori complementare

Mod de lucru ● Prin amestecul în proporții egale a celor șapte culori se poate face sinteza luminii albe. Acest fapt se demonstrează cu discul lui Newton căruia i se dau 30—40 de turații pe secundă.

● Se mai poate obține lumină albă și prin amestecul numai al unor culori, care au fost numite culori complementare, ca, de pildă : roșu + verde-albastru ; portocaliu + albastru ; galben + albastru-indigo ; galben-verde + violet. Printr-o experiență simplă se pot pune în evidență culorile complementare.

Material necesar : pătrate de hîrtie de culori pure (roșu, verde, albastru și galben) cu latura de 20 cm, 4 coli mari de hîrtie albă pe care se așază cîte unul din aceste pătrate.

Mod de lucru ● Subiectul privește intens, timp de 5 min, de la o distanță de 2 m, un pătrat colorat, de exemplu cel roșu, după care deplasează foarte repede privirea pe fondul alb. Va constata că pe acest fond, îi apare un pătrat de aceeași mărime, dar de culoare verde. Dacă procedează invers, și anume privește inițial pătratul verde, se constată că la deplasarea privirii pe fondul alb vede un pătrat de culoare roșie. Culoarea care apare pe fondul alb este complementară culorii privite inițial. Explicația fenomenului este următoarea : în timp ce se privește atent culoarea roșie, elementele fotosensibile ale acestei culori obosesc, așa că, atunci cînd deplasăm privirea pe fondul alb, elementele retiniene fotosensibile pentru culoarea complementară, adică acelea pentru verde, sînt excitate de lumina albă și, ca urmare, ne apare culoarea verde. La fel se întîmplă și pentru celelalte culori complementare menționate mai sus.

Sinteza de adiție

Mod de lucru ● Pentru a dovedi că adiția culorilor roșu și verde dă senzația de lumină albă se procedează astfel : se folosesc două aparate de proiecție și se așază în fața fasciculului luminos de la fiecare un carton opac, străbătut de un orificiu de 2 cm diametru. Se proiectează imaginile acestor orificii circulare pe ecran alb, punîndu-se în calea unui fascicul filtrul de sticlă roșie, în calea celuilalt, filtrul verde. Se obțin pe ecran două pete circulare (roșie și verde). Dacă se deplasează ușor proiecția acestor două puncte astfel ca ele să se suprapună parțial, se observă că în zona de suprapunere apare alb (fig. 78).

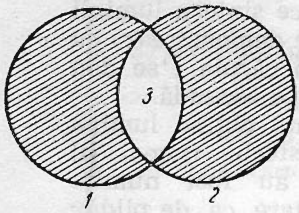


Fig. 78.
Sinteza de adiție :
1 – pata roșie pe ecran ;
2 – pata verde pe ecran ;
3 – zonă de suprapunere, albă.

Efectul de absorbție a radiațiilor

Mod de lucru ● Se pune în calea fasciculului luminos proiectat pe ecran de un aparat de proiecție un carton opac, străbătut (ca și în cazul precedent) de o gaură circulară de 2 cm diametru. În calea fasciculului de raze, care ies prin această gaură, se așază două filtre de sticlă — galben și albastru — aplicate unul peste altul. Pe ecran apare acum o pată circulară colorată în verde. Sinteza acestei culori se explică astfel : filtrul de sticlă albastră a absorbit galbenul, portocaliul și roșul, iar filtrul galben a absorbit albastrul și violetul. În urma acestor absorbții au fost lăsate să treacă numai radiațiile verzi.

● Dimpotrivă, dacă se interpun în calea fasciculului luminos sticlele roșie și verde (culori complementare), toate radiațiile sînt absorbite și pata de pe ecran devine neagră. Însumarea celor două efecte de absorbție duce în acest caz la stingerea luminii.

PERCEPȚIA MIȘCĂRII

Senzația de mișcare se produce în condiții diferite după cum ochiul :

— percepe deplasarea unui mobil cînd poziția sa este fixă și imaginea se deplasează pe retină ;

— cînd ochiul urmărește mobilul în deplasare atunci senzația de mișcare depinde de reflexele cu punct de plecare în mușchii oculomotori, determinate de modificările de orientare ale ochilor.

Material necesar : aparat de proiecție, ecran alb, un carton de 5 cm lățime, prevăzut cu două orificii (*a*, *b*) (avînd $\varnothing = 2$—3 mm) și menținut în poziție verticală, o limbă de carton de forma unui *T* fixată printr-o capsă (*O*), putînd să fie astfel deplasată în arc de cerc. Limitarea deplasării se face prin niște susținători *t* și *t'*. Pe latura mică a *T*-ului se află un orificiu *F* cu $\varnothing = 0{,}5$ cm, care trebuie să se găsească la același nivel cu orificiile din carton. Experiența se face în cameră obscură.

Senzația de mișcare produsă prin deplasarea imaginii pe retină

Mod de lucru ● Se proiectează pe ecran prin cele două orificii ale cartonului un fascicul de lumină ; se văd două puncte luminoase. Mișcînd limba de carton de la dreapta la stînga și invers, cele două orificii *a* și *b* vor fi acoperite în mod alternativ și astfel în acest timp pe ecran se vede în permanență numai un singur punct luminos.

Dacă frecvența deplasării este de una pe secundă, cele două puncte luminoase care apar pe ecran în mod succesiv dau impresia unui singur punct luminos animat de o mișcare de du-te-vino. Aceasta se datorește formării succesive a imaginilor, în două puncte retiniene diferite, dar apropiate (fig. 79).

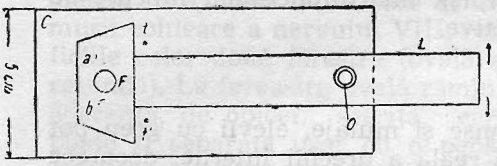


Fig. 79.

Dispozitiv pentru punerea în evidență a rolului deplasării imaginii retiniene în percepția mișcării :

C – cartonul prevăzut cu cele două orificii *a* și *b* ;
L – limba de carton în forma unui T ;
O – capsa de fixare ;
t și *t'* – susținători pentru limitarea deplasării ;
F – orificiul de pe latura mică a *T*-ului.

Mișcarea consecutivă

Dacă, după ce am fixat cu privirea cîteva momente un obiect mobil, ducem privirea asupra unui obiect imobil, vom avea impresia că și acesta din urmă se deplasează.

● Se poate face următoarea experiență :

Se desenează cu tuș pe un disc de carton alb de 30 cm ∅ o spirală regulată, traseul avînd o grosime de 8 mm, ca în figura 80. Discului i se

Fig. 80.
Mișcarea consecutivă.

imprimă mișcări de rotație uniforme cînd într-un sens, cînd în celălalt. Viteza de rotație trebuie să fie aceea ce dă impresia că spirele se depărtează sau se apropie de centru. Se privește discul în mișcare timp de 10 s, apoi se privește cu ambii ochi un obiect fix așezat pe un fond uniform (de pildă, o pasăre împăiată). După sensul de rotație al spiralei se pare că pasărea se depărtează sau se apropie.

Faptul se explică astfel : ca urmare a persistenței imaginilor luminoase, ochiul compară poziția imaginii fixe cu aceea a imaginii mobile și o raportează la aceasta.

Uneori perceperea mișcării este falsă, de exemplu : avem impresia că se mișcă trenul în care ne găsim și care staționează, deși, în realitate, se mișcă trenul de pe linia vecină la care noi privim pe fereastră.

Iluzii optice

Mod de lucru ● Pe o hîrtie albă sînt desenate două pătrate cu latura de 10 cm, dintre care unul este negru pe fond alb, iar celălalt alb pe fond negru. Privind cele două pătrate care sînt riguros egale, avem impresia că cel alb de pe fond negru este mai mare decît cel negru de pe fond alb (fig. 81, *A*).

Iluziile optice pot fi demonstrate și pe desenele din fig. 81, *B*, *C* și *D* (cele două linii *a* și *b* sînt paralele, cele două linii *aa'* și *bb'* sînt riguros egale, iar liniile drepte *(1—7)* sînt riguros paralele).

Astfel de erori vizuale sînt explicate ca fiind determinate de faptul că odată cu formarea imaginilor pe retină a punctelor luminoase are

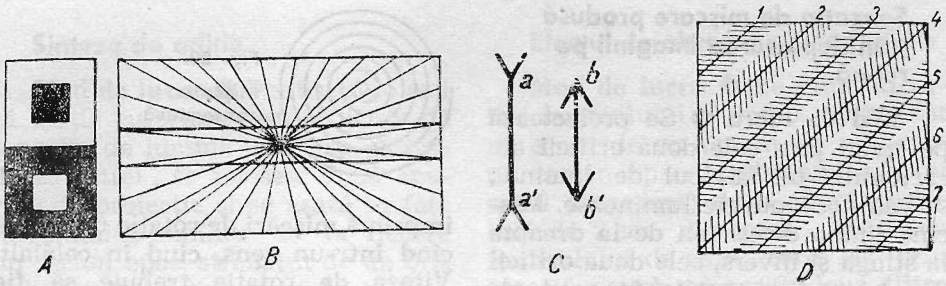


Fig. 81.

Iluzii optice :

A – pătratul alb pe fond negru și pătratul negru pe fond alb au aceleași dimensiuni ;
B – cele două linii orizontale sînt paralele ;
C – *aa'* și *bb'* au aceeași lungime ;
D – iluzia de convergență a liniilor diagonale, deși ele sînt paralele.

loc un proces de iradiere a excitației la elementele nervoase învecinate din retină sau poate la nivel cortical.

E. ANALIZATORUL ACUSTIC

Analizatorul acustic este un complex morfofuncțional în care se formează și se analizează senzațiile auditive.

Structura urechii interne și mijlocii

După figurile din cărți, după planșe și mulaje, elevii cu greu pot dobîndi o imagine despre dimensiunea reală a urechii interne, deoarece

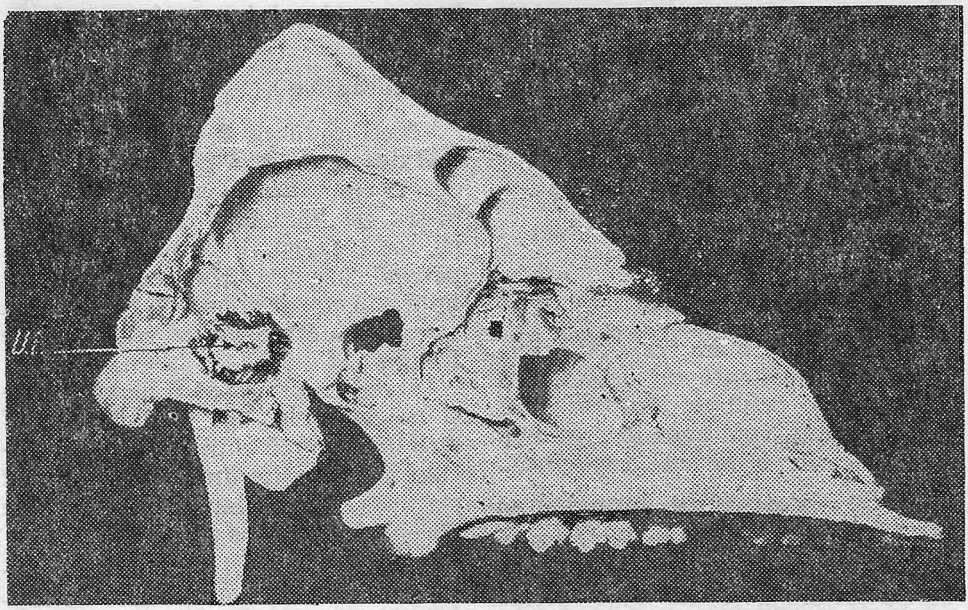


Fig. 82.

Topografia urechii interne (U.i.) la porc. Teritoriile limitrofe au fost înnegrite.

le lipsesc termeni de comparaţie cunoscuţi de ei. Pentru a înlătura acest inconvenient se poate face uşor disecţia urechii interne de la porc, care nu este inclusă în stînca temporalului, putînd fi detaşată de pe faţa internă a craniului.

Material necesar : o jumătate de craniu de porc, instrumente de disecţie, lupă.

Mod de lucru ● Se procură de la abator sau măcelărie o jumătate de cap de porc. Examinînd faţa internă a craniului se descoperă uşor o piesă osoasă de culoare mai albă, mai compactă, situată în dreptul stîncii temporalului. Această piesă reprezintă corpul urechii interne (fig. 82). Se dislocă uşor cu vîrful bisturiului (sau al unui briceag), care se introduce la limita dintre acest corp şi restul stîncii.

● Se examinează cu lupa piesa dislocată (fig. 83, *A*, *B*) şi se observă melcul osos, locul de intrare al ramurii cohleare a nervului VIII, orificiile celor două ferestre (ovală şi rotundă). La fereastra ovală rămîne aderentă, de obicei, scăriţa, care poate fi separată uşor cu o pensă fină sau un ac.

● După îndepărtarea corpului urechii interne se poate examina bine urechea mijlocie. Se observă membrana timpanică pe care este fixată codiţa ciocanului (fig. 84). Membrana timpanică apare ca o foiţă transparentă şi lucioasă, de formă rotundă, cu ∅ de circa 0,8 mm fixată pe un inel osos de culoare albă.

● Se detaşează ciocănaşul, nicovala şi scăriţa (fig. 85). Pentru că aceste piese sînt mici şi delicate trebuie lucrat cu grijă şi după izolare, să se includă în balsam de Canada sau gumă arabică pe o lamă de sticlă. Preparatul astfel obţinut se poate păstra şi observa uşor cu lupa.

● Prin decalcifierea melcului osos cu HCl se poate face o disecţie mai fină a cohleei. În acest scop se ţine piesa în HCl 10%, 3—6 ore, apoi se spală şi se introduce vîrful unui foarfece fin în orificiul ferestrei rotunde şi se taie uşor în lungul spiralei melcului osos, care are $2^1/_2$ ture. Se detaşează peretele extern al melcului osos şi se observă cu lupa melcul membranos. Acesta poate fi detaşat şi el cu ajutorul unui ac de disecţie. Se constată că forma sa este de asemenea spiralată.

● Pentru observarea numai a axei columelei şi a lamei osoase spirale se detaşează uşor cu foarfecele peretele extern al melcului, fără a fi demineralizat în prealabil.

ROLUL PAVILIONULUI URECHII

Demonstrăm rolul pavilionului în audiţie astfel :

Material necesar : ceară de albine şi un vas în care se încălzeşte pînă la topire, o basma curată, un tub de cauciuc cu secţiunea de 0,8—1 cm şi lungimea de 1,5—2 m, un ceasornic de masă.

Mod de lucru ● Unui elev i se umplu cu ceară circumvoluţiile de pe suprafaţa pavilionului pînă ce acesta devine plan. Este legat apoi la ochi şi solicitat să indice direcţia în care s-a produs un zgomot. Se constată că nu o poate identifica.

● Un elev, legat la ochi, introduce un capăt al tubului de cauciuc

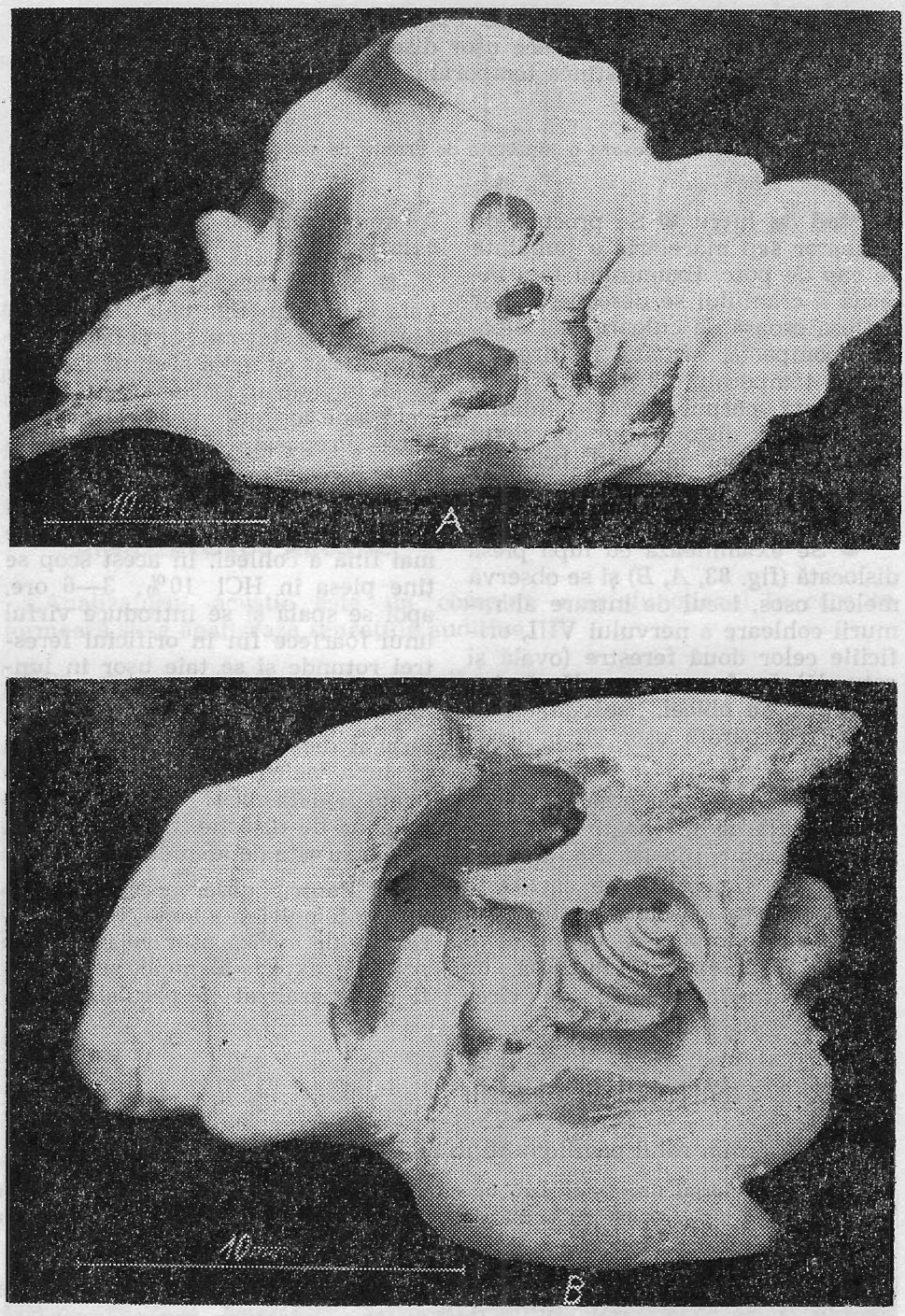


Fig. 83.
Corpul detașat al urechii interne :
A – fața dinspre urechea medie (se văd ferestrele ovală și rotundă) ;
B – melcul osos (vizibil după îndepărtarea peretelui).

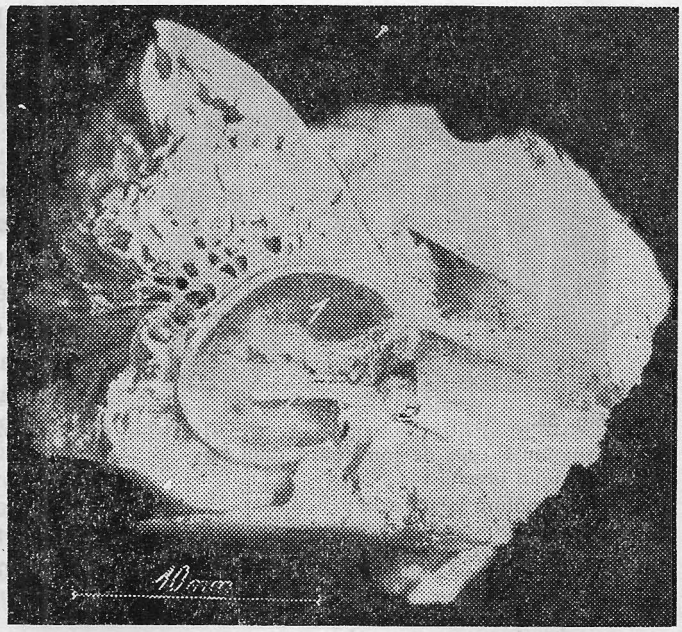


Fig. 84.

Membrana timpanică a urechii de porc (*1*), de care este fixat ciocănelul (*2*).

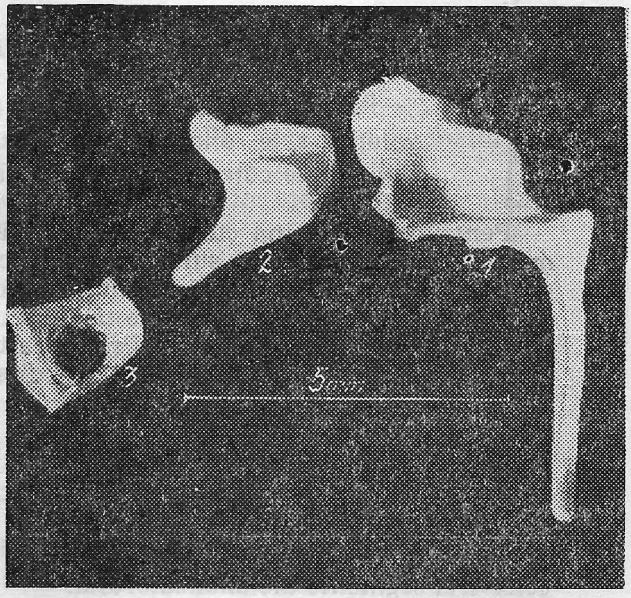


Fig. 85.

Ansamblul detaşat al oscioarelor urechii medii :

1 — ciocănelul ;
2 — nicovala ;
3 — scăriţa.

în conductul auditiv extern al unei urechi (fig. 86). Prin aceasta, rolul pavilionului a fost înlăturat. La capătul liber al tubului se ţine un ceasornic. Prin intermediul tubului, tic-tac-ul ceasornicului se aude perfect. Îndepărtînd puţin ceasornicul într-o parte nu se mai aude nimic. Prin scoaterea tubului de cauciuc se restabileşte funcţionarea pavilionului.

● Se introduc ambele capete ale tubului în cele două conducte auditive externe. Prin aceasta se suprimă funcţional ambele pavilioane. Se ridică tubul de cauciuc deasupra

Fig. 86.

Experienţă care demonstrează rolul pavilionului urechii :

1 – legătură peste ochi ;
2 – ceasornic aplicat pe tubul de cauciuc (3) ale cărui capete sînt introduse în orificiile canalelor auditive externe. De remarcat şi reflexul de deschidere a gurii prin care se favorizează ascultarea.

şi la mijlocul lui se atinge cu ceasornicul al cărui tic-tac să se audă în mod egal în cele două urechi. Se mişcă cu totul, înspre spate, în faţă, în jos, tubul şi ceasornicul ; subiectul declară că aude sunetul, dar el nu poate să indice direcţia din care vine acesta. Se aşază ceasornicul pe tubul de cauciuc mai aproape de urechea stîngă şi se ţine deasupra capului, în faţă, în spate, în jos, mai spre dreapta ; de fiecare dată subiectul ne va declara că ceasornicul se află în partea stîngă.

Dacă se înlătură tubul de cauciuc, subiectul legat la ochi poate determina cu uşurinţă direcţia din care vin sunetele.

Concluzie

Pavilionul, prin forma sa de pîlnie, captează şi prin circumvoluţiile sale reflectează sub anumite unghiuri vibraţiile sonore, dirijîndu-le către conductul auditiv extern.

Pentru a determina cu precizie direcţia din care vine un sunet este necesar ca distanţa de la sursa sonoră la cele două pavilioane să fie inegală. În comportarea noastră obişnuită, cînd auzim şi vrem să determinăm cu precizie direcţia din care vine un sunet, întoarcem urechea spre direcţia din care ni se pare că vine. Prin această poziţie a capului, distanţa de la sursa sonoră la cele două urechi este diferită.

Acuitatea auditivă

Numim acuitate auditivă intensitatea perceperii sunetelor de către analizatorul acustic. Acuitatea auditivă depinde de starea fiziologică a celor trei segmente ale analizatorului.

● Determinarea acuităţii auditive se face cu ajutorul unor bile de oţel cu diametrul variabil (de cîţiva milimetri), care sînt lăsate să cadă de la o înălţime, de asemenea variabilă (pînă la 100 mm), pe o placă metalică. Subiectul situat la distanţa de 1 m, cu spatele la instalaţia de experienţă, anunţă momentul cînd aude zgomotul. Se consideră că, cu cît bila care a produs zgomotul perceput de subiect a căzut de la o înălţime mai mică şi a avut un diametru mai mic, cu atît acuitatea auditivă este mai mare.

Transmiterea vibrațiilor

Transmiterea vibrațiilor se realizează în principal prin intermediul pîrghiei unghiulare, formată din cele trei oscioare (ciocan, nicovală, scăriță), și prin aerul cuprins în camera timpanică.

În unele situații, timpanul poate fi perforat, pot fi distruse oscioarele, se poate obtura fereastra ovală prin depunerea de materie osoasă. Toate acestea reduc transmiterea vibrațiilor și, în consecință, auzul se suprimă, omul este surd — surditate de conducere. Vibrațiile sonore pot fi transmise în acest caz segmentului receptor din urechea internă prin intermediul oaselor craniului și prin lichidele din urechea internă.

● Conducerea osoasă a vibrațiilor poate fi demonstrată astfel : un elev legat la ochi, avînd conductele auditive bine astupate prin tampoane de vată și presare cu degetele, auzind tic-tac-ul ceasornicului așezat pe frunte, pe osul tîmplei, pe apofiza mastoidiană sau între dinți, poate indica direcția și distanța sursei sonore. Subiectul care nu aude nici prin conducerea osoasă are o deficiență morfofuncțională în unul din segmentele analizatorului auditiv ; el are o surditate de percepție (surditate nervoasă) sau surditate centrală și nu poate beneficia de proteze auditive.

F. ANALIZATORUL VESTIBULAR SAU STATOKINETIC

Analizatorul vestibular este complexul morfofuncțional prin intermediul căruia sîntem conștienți de poziția și mișcarea corpului în spațiu datorită corelației acestora cu poziția și mișcările capului.

Receptorii vestibulari sînt sensibili la excitațiile mecanice determinate de deplasarea endolimfei. Rolul receptorilor din macula saculară și utriculară este legat de funcția de echilibru în statică și mișcarea rectilinie, deci rol în menținerea stării de postură normală a capului.

Receptorii din ampulele canalelor semicirculare au rol în aprecierea variațiilor de accelerare unghiulară în jurul unui ax vertical, transversal sau antero-posterior. Pentru demonstrarea rolului receptorilor vestibulari propunem următoarele experiențe :

Reflexele vestibulare la broască

Mod de lucru ● Broasca normală așezată pe o placă de plută în plan orizontal este observată în ansamblu. Se poate aprecia că planul frontal al capului este paralel cu pluta. Placa se înclină în sus ; în extremitatea în care se află partea anterioară a corpului se produce o flectare a membrelor anterioare și apropierea capului de suport (figura 87).

Înclinăm acum extremitatea plutei dinspre partea opusă și constatăm că se produce extensia membrelor anterioare și flectarea celor posterioare. Distanța dintre cap și suport este mult mărită, iar planul frontal al capului rămîne nemodificat. În stare normală fiecare labirint acționează asupra celor două jumătăți ale corpului, contribuind la menținerea unui tonus muscular

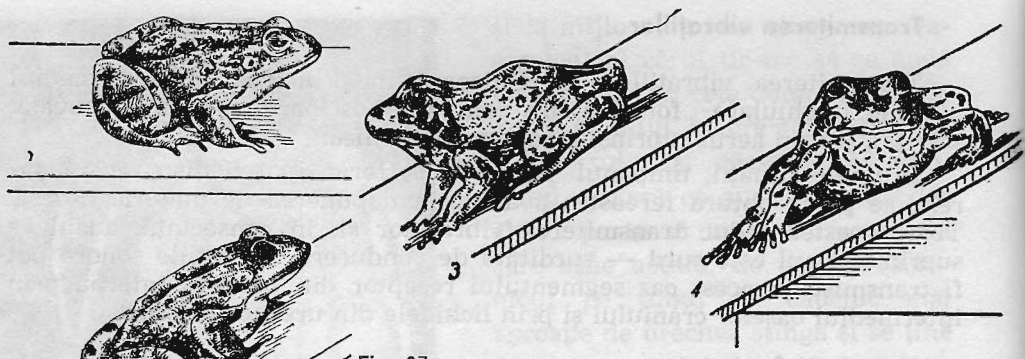


Fig. 87.

Reacțiile compensatorii ale unei broaște la mișcările de basculare a suportului :

1 — poziție normală ;
2 — basculare ascendentă în plan frontal ;
3 — basculare descendentă în plan frontal ;
4 — basculare în plan sagital.

echilibrat, prin care capul și trunchiul sînt menținute drept. Dacă unul din labirinturi este deficient atunci capul și trunchiul se înclină în aceeași parte fără ca subiectul să fie conștient, deoarece se manifestă independent pentru fiecare segment al corpului. Dezechilibrul latent este compensat de către vedere. Balansarea în plan sagital declanșează variații tonice ale mușchilor extensori și flexori ai membrelor de pe partea dreaptă și stîngă.

Dăm mișcări de orientare circulară suportului pe care se află broasca și constatăm că axa sagitală a corpului se curbează în direcție opusă celei de rotire a suportului.

Aceste reflexe de redresare a posturii sînt suprimate după extirparea labirintelor.

Extirparea aparatului vestibular la broască

Material necesar : broaște, trusă și măsuță de disecție, ser fiziologic, acvariu, eter sau cloroform.

Mod de lucru ● Se anesteziază ușor broasca. Se fixează apoi cu fața ventrală în sus. Cu o pensă hemostatică se apucă mandibula și se trage înapoi imobilizînd-o în această poziție.

Se incizează median mucoasa vălului palatin și cele două laturi se trag de o parte și de alta pînă în dreptul cavităților orbitale. Se observă acum osul sfenoid. Ca orientare transversală spre ureche, se vede o piesă osoasă, în care, prin transparență, apare un contur osos mai proeminent, în formă de cerc. Acesta este locul unde se află labirintul (fig. 88). Vîrful bisturiului se introduce în labirintul reperat și se

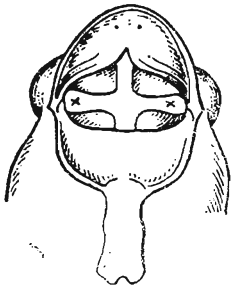


Fig. 88.

Extirparea aparatului vestibular la broască :

xx — repere indicînd topografia labirintelor.

distruge, pe o singură parte, de exemplu, în partea dreaptă. După ce a trecut şocul operator şi a ieşit de sub influenţa anesteziculuí, broasca este eliberată şi repusă în apă. Ea ţine capul aplecat spre partea operată şi face mişcări de înot, înscriind arcuri de cerc orientate spre această parte. Lezarea receptorilor vestibulari pe o singură parte determină scăderea în intensitate a tonusului muscular pe partea opusă. În consecinţă muşchii de pe partea corpului cu tonusul mai ridicat vor determina curbarea axei corpului spre această parte.

Dacă se face distrugerea bilaterală a labirintelor se constată că broasca aşezată în orice poziţie anormală pe sol sau în apă nu se redresează.

Probe vestibulare elementare la om

Aceste probe sînt efectuate pentru aprecierea capacităţii de *echilibru static* şi de *echilibru cinetic.*

Probe de echilibru static :

Proba Romberg

Mod de lucru ● La **om** putem investiga cu uşurinţă care din cele două aparate vestibulare este deficitar, în felul următor : se solicită un elev să stea drept cu braţele alipite lîngă corp, cu tălpile aşezate una înaintea celeilalte, avînd călcîiul alipit de vîrful celuilalt picior şi să închidă ochii. În cazul unei deficienţe vestibulare se produce balansarea corpului spre partea respectivă.

Proba Barré

● Subiectul stă drept în picioare în dreptul unui fir cu plumb sau în dreptul unui pervaz de uşă luat ca reper. Examinatorul se plasează pentru a privi marginea urechii subiectului şi linia verticală din spatele acestuia. Se indică subiectului să închidă ochii şi să-i deschidă de cîteva ori. Dacă unul din labirinturi este deficient hipovalent corpul se înclină cu cîţiva cm atunci cînd închide ochii. Această deviaţie traduce un dezechilibru latent, este inconştientă şi este compensată în mod normal cu ajutorul vederii (fig. 89).

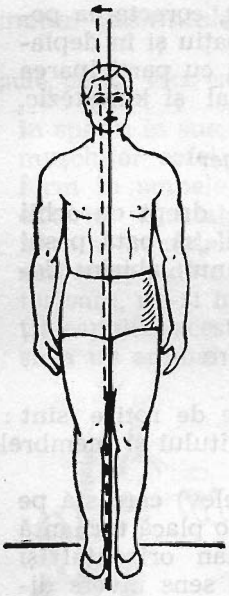


Fig. 89. Proba de echilibru static.

Proba braţelor întinse (Mingazzini)

● Subiectul cu braţele întinse şi cu arătătorul îndreptat înainte este solicitat să închidă ochii. Dacă braţele se înclină într-o parte, există o deficienţă hipovalentă a labirintului homolateral sau o stare de excitaţie a labirintului contralateral.

Probe de echilibru cinetic :

Proba Weil — Babinski (mersul orb sau mersul în stea)

● Într-o cameră mare (de exemplu, sala de sport), un elev legat la ochi va efectua 6 paşi înainte şi 6 paşi înapoi, pornind de lîngă unul din pereţii camerei. Întoarcerea se face cu spatele. Se constată că subiectul deviază de la direcţia iniţială spre dreapta sau spre stînga, descriind o stea (fig. 90). Deviaţia sub 45° în cinci „du-te-vino" este considerată normală. Valori mai mari indică o leziune a labirintului de pe aceeaşi parte cu sensul devierii.

În mod obişnuit, corectarea poziţiei corpului în spaţiu şi în deplasări se realizează şi cu participarea analizatorului vizual şi kinestezic.

Proba Unterberger

● Subiectul stă drept cu ochii închişi şi i se cere „să bată pasul pe loc". În cazul unui labirint deficient hipovalent se produce o deviaţie laterală a corpului sau o rotaţie progresivă în jurul labirintului care „rămîne în urmă".

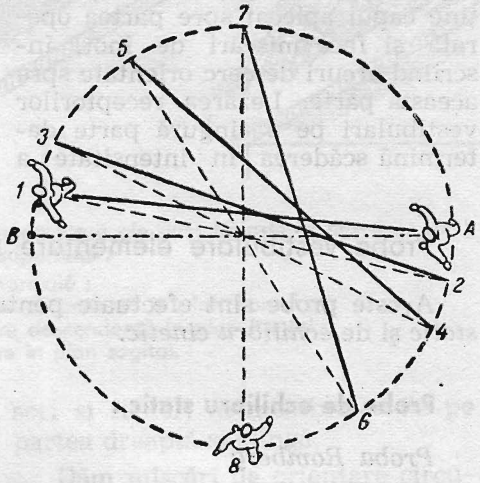


Fig. 90.

Proba Weil — Babinski : *A* — punct de plecare ;
A–B — punct de direcţie diametrală.
Liniile pline indică mersul înainte ;
liniile punctate indică mersul înapoi.
1 — 8 punctele marginale ale celor opt sosiri.

Reacţia la rotire

Efectele produse de rotire sînt : mişcările globilor oculari, vîrtejul, reacţia muşchilor gîtului şi membrelor şi reacţii ale sistemului autonom.

● Un subiect (elev) care stă pe un scaun aşezat pe o placă turnantă ce se roteşte în plan orizontal îşi îndreaptă capul în sens invers direcţiei de rotire. Dacă, de exemplu, rotirea se face către dreapta, capul subiectului se îndreaptă spre stînga. Dacă subiectul se află în poziţie de ortostatism, membrul superior stîng se ridică pînă aproape de orizontală şi persoana manifestă tendinţa de cădere în direcţie opusă sensului de rotire. Oprirea bruscă a rotirii face ca reacţiile motorii să-şi schimbe imediat sensul. Concomitent ochii deviază în direcţie opusă sensului de rotire, apoi revin cu o mişcare bruscă la poziţia iniţială, păstrînd pe tot timpul rotirii privirea înainte. La încetarea rotaţiei orizontale se produce o mişcare ritmică de „du-te-vino" a ochilor, care la omul normal durează 20 s.

● Aceleaşi fenomene se observă şi folosind ca experiment o broască aşezată pe o placă de plută pe care o rotim în plan orizontal. Se observă curbarea axei corpului animalului spre partea opusă sensului de rotire (fig. 91).

Experienţele dovedesc sensibilitatea crestelor ampulare.

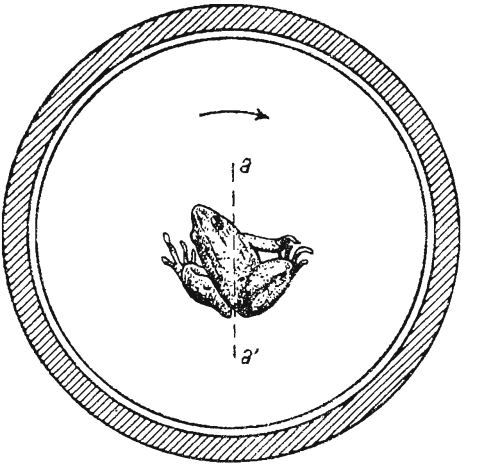


Fig. 91.

Reacția broaștei la rotirea suportului în plan orizontal (sensul de rotație a suportului este indicat de săgeată) :
a – a' – axa corpului în stare de repaus.

Excluderea farmacologică a funcției labirintului

Material necesar : cobai sau iepure, pipete, vată, cloroform.

Mod de lucru ❸ Se așază cobaiul pe o parte, se întinde pavilionul urechii și se introduc în conductul auditiv extern, cît mai profund ; 1—2 cm cloroform, cu ajutorul unei pipete. Se așteaptă producerea anesteziei circa 10—15 min, după care se constată întoarcerea capului spre labirintul exclus. Dacă încercăm să corectăm spre poziția normală capul, se constată o rezistență a mușchilor gîtului. Stimulînd animalul să se deplaseze, va merge în manej, iar dacă este întors pe spate, la încercarea lui de redresare, se produce o rostogolire a corpului de nenumărate ori pînă la epuizarea nervoasă. Aceeași experiență se poate face și pe iepure, păsări etc.

Excluderea farmacologică bilaterală determină suprimarea reflexului de redresare a capului în spațiu. Animalele normale (iepure, cobai, pasăre) mențin ute atîrnate de membrele posterioare au capul orientat în spațiu în sus, datorită contracției mușchilor cefei. Introducînd cloroform în ambele conducte auditive externe constatăm că după 10—15 min animalele respective, cînd sînt suspendate de membrele posterioare, nu-și mai redresează poziția capului, acesta atîrnînd în jos ca și la un animal mort (fig. 92).

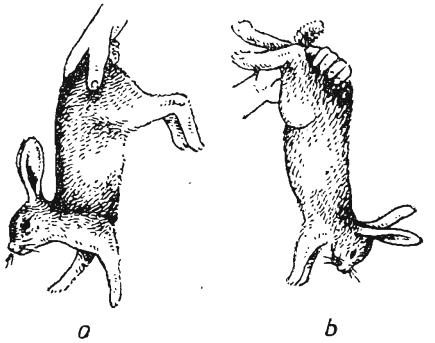


Fig. 92.

Evidențierea funcției labirintelor :
a – animal normal ;
b – animal cu labirintele antesteziate.

Concluzii

Din experiențele indicate se desprinde concluzia că analizatorul vestibular are un rol important în menținerea corectă și

specifică a posturii corpului și capului în spațiu, atît în statică, cît și în mișcare. Aceasta se realizează prin echilibrarea tonusului muscular pe ambele părți ale corpului.

G. ANALIZATORUL MOTOR SAU KINESTEZIC

Analizatorul kinestezic este complexul morfofuncțional prin care se analizează postura în condiții statice și de mișcare.

Receptorii analizatorului motor sînt proprioceptori, situați în mușchi, tendoane, ligamente și suprafețe articulare. Acești receptori sînt excitați în timpul mișcărilor active sau pasive efectuate de mușchii diferitelor părți ale corpului. Deoarece fiecare mișcare este însoțită de un grad mai mic sau mai mare de deformare a pielii, trebuie să luăm în considerație și excitațiile care se produc în receptorii cutanați. Ca urmare, cercetarea sensibilității kinestezice este de fapt cercetarea sensibilității musculocutanate din regiunea articulațiilor care sînt deplasate. Un mijloc simplu de determinare a sensibilității kinestezice este următorul :

Material necesar : tablou reprezentînd un semicerc cu diametrul de 1,5 m, gradat între 0° și 180° ; diametru orizontal este notat la 90°.

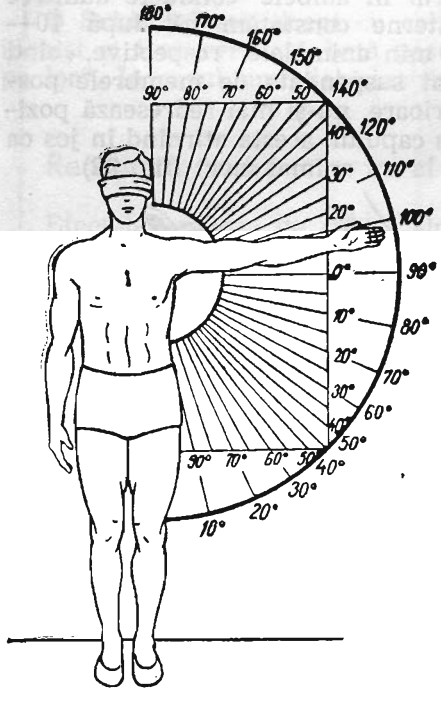


Fig. 93.
Demonstrarea sensibilității kinestezice.

Mod de lucru ● Subiectul examinat stă cu spatele la tablou și cu ochii închiși, deci nu vede gradația. Este solicitat să ridice mîna pînă la o înălțime oarecare sau îi este ridicată mîna de către experimentator. Se notează diviziunea la care s-a ridicat mîna în mod activ sau pasiv și după aceea se readuce mîna lîngă corp (fig. 93). Subiectul este solicitat să repete mișcarea ridicînd mîna la aceeași înălțime. Mișcarea repetată este apreciată cu atît mai exact cu cît diferența în grade între cele două mișcări este mai mică. Această diferență este dependentă de gradul de acuitate kinestezică.

Prin repetarea mișcărilor în timpul antrenamentelor raționale și sistematice se poate ajunge la o intensificare a sensibilității kinestezice, ca astfel să se poată executa mișcări repetate cu mare precizie.

H. DEMONSTRAREA ENTERORECEPȚIEI

Enterorecepția reprezintă capacitatea de a recepționa excitațiile de la nivelul organelor interne sau viscerelor. Excitarea mecanoreceptorilor viscerali declanșează reacții reflexe cu efecte motorii necesare bunei funcționări a viscerelor. Intensitatea acestora nu este atît de mare pentru a se propaga pînă în centrii corticali și a determina formarea de senzații, de aceea nu sîntem conștienți de activitățile motorii viscerale (mobilitate intestinală, fenomene vasomotorii, activitate cardiacă). Numai în cazul unor excitații intense ale enteroreceptorilor impulsurile se transmit pînă la nivel cortical. Atunci devenim conștienți de existența unor reacții motorii viscerale spre exemplu, un tranzit intestinal forte, palpitații cardiace etc. Demonstrăm existența și rolul enteroreceptorilor prin următoarea experiență :

Material necesar : broască, instrumente de disecție, eter sau cloroform pentru narcoză, novocaină (1 fiolă) sau cocaină, ser fiziologic.

Mod de lucru ● Se anesteziază o broască prin așezarea de tampoane cu eter în dreptul orificiilor nazale. Se fixează apoi pe planșetă, cu fața ventrală în sus și se deschide cavitatea corporală. Se degajează intestinul, se apucă o porțiune din acesta și se întinde. Excitația mecanică determinată de tracțiune provoacă un reflex motor puternic. Se aplică apoi pe suprafața intestinului un tampon îmbibat în novocaină. Se constată că după 10 min tracționarea intestinului nu mai este urmată de reflexul motor. Se îndepărtează anestezicul și se spală cu ser ; după 15 min tracționarea intestinului determină din nou o reacție motorie generalizată.

În condiții normale, excitarea mecanoreceptorilor viscerali nu este atît de intensă încît să determine reflexe somatice generalizate. Acestea apar excepțional în așa-numitele colici intestinale.

VI.
LUCRĂRI PRACTICE ÎN LEGĂTURĂ CU FUNCŢIILE DE NUTRIŢIE

Totalitatea funcţiilor de nutriţie îndeplinite de aparatele strict specializate morfofuncţional se află sub un dublu control, neurohormonal. Propunem experienţe prin care putem demonstra aceste funcţii.

A. SISTEMUL DIGESTIV ŞI DIGESTIA

Disecţia tubului digestiv al unui mamifer

Sistemul digestiv al animalelor şi omului este alcătuit din tubul digestiv şi glandele anexe. Tubul digestiv are o organizare specific adaptată la un anumit regim alimentar al animalului. La om sînt unele asemănări cu cel al mamiferelor omnivore. Pentru demonstraţia în şcoală este indicată utilizarea pieselor proaspete de la animalele de abator şi mai ales de la porc sau disecţia unui animal de laborator : iepure, cobai etc.

Material necesar : animalul (iepure, cobai etc.), un borcan în care se face anestezierea, substanţe anesteziante (eter, cloroform), vată şi ser fiziologic, trusă de disecţie şi planşetă..

Mod de lucru ❁ Se omoară animalul prin intoxicare cu vapori de eter sau cloroform, se fixează pe planşetă, cu faţa ventrală în sus, prin legarea picioarelor cu sfoară de cuiele fixate în planşetă. Se incizează tegumentul cu bisturiul sau foarfecele în lungul liniei mediane, de la regiunea pubiană pînă la bărbie. În dreptul membrelor se fac incizii perpendiculare pe prima incizie (v. fig. 22). Se jupoaie pielea şi se fixează lateral, cu bolduri. Se incizează articulaţia mandibulei şi se observă dinţii, limba, faringele şi orificiul glotic. Apoi se disociază esofagul în regiunea cervicală, situat între trahee şi coloana vertebrală. Printr-o secţiune longitudinală, pe esofag observăm mucoasa acestuia de culoare albă. Submandibular, spre unghiul intern, prin disociere, se pun în evidenţă glandele salivare. Se deschide cavitatea toracică şi se urmăreşte traseul esofagului, traversarea diafragmei şi apoi conexiunea lui cu stomacul la nivelul sfincterului cardiac.

Se deschide apoi cavitatea abdominală printr-o secţiune pe linia albă. Se va observa topografia de ansamblu a intestinului, o ansă intestinală şi cadrul colic, pînă la rect. Se va putea observa vascularizaţia intestinală în mezenter **(planşa V şi VI).**

Pentru a aprecia lungimea intestinului în raport cu lungimea corpului se scoate toată masa intesti-

nală și se etalează prin disocierea mezenterului. În acest scop se fac două legături în partea terminală a rectului, la circa un cm, și se taie între ele. Alte două legături se fac în regiunea terminală a esofagului și se taie între ele. Se ligaturează vasele de sînge (venele : portă, suprahepatică, artera celiacă) pentru a evita hemoragia. Se deschide stomacul pe mica curbură, se golește de conținut, se spală, se observă cu-

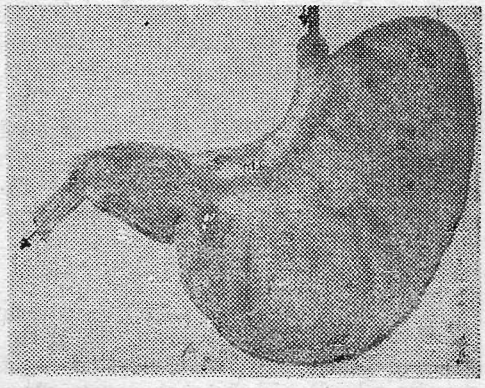
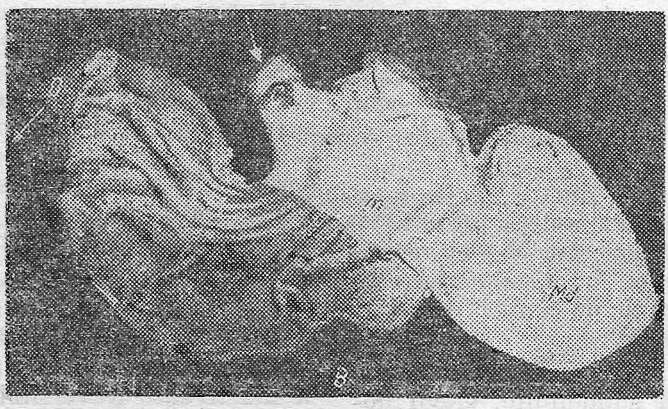


Fig. 94.

A – Morfologia externă a unui stomac proaspăt de porc :
C – porțiunea terminală a esofagului ;
P – porțiunea inițială a duodenului ;
mc – mica curbură ;
F – regiunea fundică a stomacului ;
MC – marea curbură.
B – Disecția stomacului de porc :
C – cardia ;
M – mucoasa ;
D – porțiunea inițială a duodenului ;
m – musculatura evidențiată după detașarea mucoasei (*Md*).



tele mucoasei stomacale și diferența ei de culoare, din regiunea cardială, fundică și pilorică (fig. 80). Se deschide apoi lumenul intestinal pentru a observa mucoasa pliată a acestuia. Sînt observate ficatul și pancreasul, detașate odată cu masa intestinală. Se remarcă forma și mărimea ficatului, vezica biliară, canalele cistic și coledoc. Pancreasul se remarcă prin forma și culoarea specifică.

1. Cavitatea bucală

Acțiunea digestivă a amilazei salivare asupra amidonului

Procesul de digestie, cu efect chimic în gură, se realizează prin intermediul enzimei din salivă (amilaza salivară), care are o acțiune hidrolitică asupra amidonului.

Material necesar : eprubete, pîlnie, vată de sticlă sau tifon, hîrtie filtru, hîrtie de turnesol, amidon, vase de fiert.

Mod de lucru ● *Recoltarea salivei* la om se face astfel : se spală bine gura cu apă călduță, apoi se excită secreția glandelor salivare, mestecînd o bucată de gumă. Saliva ce se formează se colectează într-o eprubetă prin pîlnia în care se găsește vată de sticlă sau tifon. Ca să îndepărtăm mucusul din salivă se precipită acesta cu acid acetic 3% și după ce se agită se filtrează. Un masaj energic asupra gingiilor stimulează secreția salivară și se obține astfel o salivă fluidă, fără spumă.

● *Proprietățile salivei.* Saliva este un lichid clar, care rezultă din amestecul lichidului secretat de glandele parotide, sărac în mucină și ca atare de o consistență fluidă, cu lichidul secretat de glandele submandibulare și sublinguale, bogat în mucină și cu o consistență vîscoasă.

Cu o hîrtie neutră de turnesol se demonstrează reacția alcalină a salivei, datorită bicarbonaților de sodiu și fosfaților disodici. Aceste săruri au rolul de a facilita acțiunea enzimelor.

Studiind rolul amilazei salivare în hidroliza amidonului, elevii dobîndesc o înțelegere justă despre importanța digestivă a tuturor enzimelor digestive. Propunem următoarele lucrări demonstrative :

● *Prepararea soluției de amidon.* Asupra amidonului crud, acțiunea amilazei salivare este slabă și întîrziată din cauza stratului de celuloză ce acoperă granulele de amidon. Mai repede are loc reacția asupra amidonului fiert sau copt ; pentru aceasta este nevoie să preparăm soluția de amidon fiert. Într-un pahar de apă se pune o linguriță de amidon pur și se amestecă să nu facă cocoloașe. Totul se toarnă peste apă, care clocotește timp de 5—10 min, se lasă să se răcească și să se decanteze timp de 24 ore. Se separă supernatantul cu care se realizează următoarele probe :

● Se toarnă 5 ml soluție de amidon într-o eprubetă și se adaugă o picătură de I+KI. Se produce o colorație albastră caracteristică.

● Într-o altă eprubetă, la aceeași cantitate de amidon, se introduce 1 ml salivă, se agită și se adaugă o picătură de I+KI. Se observă aceeași colorație albastră, ceea ce dovedește că un contact de scurtă durată cu saliva nu modifică structura chimică a amidonului.

● Se ia o altă eprubetă și se repetă experiența precedentă cu deosebire că soluția I+KI se adaugă mai tîrziu (după 30 min). În acest caz nu se mai obține colorația albastră, ci una violacee, roșcată sau gălbuie, fapt ce demonstrează că amidonul a fost hidrolizat prin contactul mai prelungit cu saliva, trecînd prin stadii de dextrine.

● Se face contraproba, care constă în inactivarea salivei prin fierbere (în baia de apă), timp de 30 min sau menținerea la 0°. Saliva se inactivează ireversibil sub acțiunea temperaturilor ridicate și se inactivează în mod reversibil sub acțiunea temperaturilor scăzute. Numai eprubeta cu salivă ținută la 0°, readusă la temperatura camerei, după circa o oră, redobîndește forța de hidroliză a amidonului. Adăugînd salivă inactivată prin fierbere la soluția de amidon proaspăt, se constată că în acest caz amidonul nu este hidrolizat și se colorează cu I+KI în albastru, chiar după mai multe ore de contact cu saliva fiartă.

● Se toarnă în două eprubete aceeași cantitate de soluție de amidon și, apoi, într-una din ele se

adaugă salivă activă, iar în cealaltă aceeași cantitate de salivă inactivată prin adăugarea a cîtorva picături de HCl. Se lasă în contact aproximativ 10 min, apoi se adaugă în fiecare puțină licoare Fehling și se încălzește la fierbere. Se observă că în eprubeta cu salivă activă are loc reducerea licoarei Fehling, pe cînd în cealaltă, nu.

Concluzie

Descompunerea amidonului în zaharuri mai simple, reductoare, începe în gură și se face datorită amilazei salivare. Pînă la faza finală de maltoză, descompunerea trece prin stadii intermediare – dextrinele. Activitatea enzimei se desfășoară cu randament optim între 37°–40° și în mediu alcalin. Prin fierbere, enzima este distrusă și hidroliza nu mai are loc. Prin răcire enzima nu se degradează ; inactivarea este reversibilă.

2. Stomacul

Acțiunea digestivă a sucului gastric

De la om și de la animale, sucul gastric poate fi recoltat cu ajutorul sondelor (tuburi subțiri de cauciuc care pot fi introduse în stomac) ; de la animale se recoltează sucul gastric și prin fistule. Aceste procedee de recoltare sînt greu realizabile în școală. Este posibilă însă obținerea unui extract de mucoasă gastrică, din stomac de porc, care conține enzimele secretate de glande gastrice.

Pentru a evidenția acțiunea pepsinei asupra proteinelor se procedează astfel :

Material necesar : stomac proaspăt de porc, instrumente de disecție, mojar, soluție de HCl 0,4%, pahare Berzelius, un ou, vas de fiert, fibrină, apă distilată, soluție de Na OH 20%, eprubete.

Mod de lucru ● După ce stomacul a fost deschis și bine spălat se desprinde de pe regiunea fundică o suprafață de 10—20 cm^2 mucoasă și se mojarează. După mojarare se adaugă picătură cu picătură soluția de HCl 0,4% și se lasă în repaus 15—20 min, după care se filtrează printr-un tifon dublu.

Se folosește ca substrat proteic fibrina care este mai digerabilă la acțiunea pepsinei sau cubulețe de albuș de ou fiert. Fibrina se poate obține de la centrele de colectare a sîngelui sau se poate pregăti în laborator. Se iau 10—15 cm^3 sînge proaspăt prin extracție din vena unui animal. Din seringă, sîngele se varsă într-un pahar și cu o baghetă de sticlă se agită pentru a aduna filamentele de fibrină. Fibrina se spală sub curent de apă pentru a îndepărta hematiile lizate ; fibrina spălată are o culoare albă.

Filtratul obținut după triturarea de mucoasă gastrică se separă în două porțiuni, din care una se inactivează prin fierbere (în baia de apă).

În două eprubete se introduc cîteva cubulețe de albuș sau fibrină. Într-o eprubetă se toarnă extract gastric nefiert, iar în cealaltă, extract gastric inactivat. Ambele eprubete se țin la o temperatură între 37°—40° timp de mai multe ore. Se constată că în vasul cu extract activ s-a produs digerarea marginilor

cuburilor (fibrinei), deci un început de digestie, pe cînd în celălalt acestea au rămas intacte. Pepsina hidroclorică din extractul de mucoasă are acțiune digestivă asupra proteinelor.

Folosind extract obținut din material mojarat, dar neutralizat cu o bază slabă, sau extract de mucoasă căreia nu i-am adăugat HCl diluat, chiar dacă se ține în contact cu proteina la 37°—40° timp îndelungat, digestia nu are loc ; demonstrăm astfel rolul HCl ca activator al pepsinei.

● În patru păhărușe (1, 2, 3, 4) se repartizează cantități egale de fibrină sau cubulețe de albuș de ou : în vasul 1 se pun 5 ml soluție de extract de mucoasă gastrică și 5 ml HCl 0,4% ; în vasul 2 se pun 5 ml soluție de extract de suc gastric și 5 ml apă ; în vasul 3 se pun 5 ml soluție de extract de suc gastric, inactivat prin fierbere, apoi răcit, și 5 ml HCl 0,4% ; în vasul 4 se pun 5 ml apă și 5 ml HCl 0,4%. Toate cele patru pahare se introduc în baia cu apă caldă între 37°—40° și se țin 30 min.

În vasul 1, fibrina se umflă, devine translucidă, se dizolvă, deoarece în prezența HCl pepsina devine proteolitică și transformă fibrina în polipeptide. În vasul 2, pepsina nefiind activată nu se observă nici o modificare. În vasele 3 și 4, fibrina a devenit translucidă, dar nu s-a dizolvat. Inactivarea pepsinei prin căldură în vasul 3 și absența pepsinei din vasul 4 probează că HCl nu este suficient singur pentru a realiza acțiunea hidrolizantă asupra proteinelor.

Concluzii

Experiențele de mai sus au demonstrat că mucoasa gastrică conține enzime proteolitice. Glandele gastrice secretă o proenzimă – pepsinogenul – care devine activă în prezența HCl.

Este bine să se reamintească elevilor și despre rolul celorlalte enzime gastrice, labfermentul și lipaza gastrică. Faptele trebuie interpretate în sensul că stomacul este în primul rînd un organ de depozit și numai în mod secundar un organ de digestie.

3. Intestinul

Intestinul este un organ cavitar la care se disting două segmente deosebite din punct de vedere morfologic și funcțional : *intestinul subțire*, cu rol principal în procesul de digestie și absorbție și *intestinul gros*, în care se produc procese fermentative ale bacteriilor datorită cărora are loc o degradare a celulozelor, se produce reabsorbția apei și formarea bolului fecal, evacuarea produselor nedigerate.

Mod de lucru ● Examinînd un segment de intestin subțire, de colon și o porțiune rectală din intestin de porc, bine spălat, identificăm, de la exterior spre interior, o pătură musculară, o submucoasă și o pătură mucoasă. Se observă mai întîi aspectul exterior, apoi se face o secțiune longitudinală, se întinde și se examinează mucoasa cu valvulele conivente. Cu o lupă se pot vedea și vilozitățile. Pentru acest examen se scaldă mucoasa nelezată în puțin ser fiziologic.

Pe intestinul viu se pot observa mișcările vilozităților intestinale. Se narcotizează un iepure și i se deschide cavitatea abdominală pe o

porțiune de 15 cm (laparatomie), apoi se exteriorizează o ansă intestinală și se incizează longitudinal pe 3—4 cm. Se spală cu ser fiziologic călduț (38°) sîngele care acoperă plaga. Se observă cu lupa sau microscopul, cu mărire slabă. Porțiunea care se observă la microscop trebuie să fie iluminată cu un fascicul de lumină proiectat pe suprafața mucoasei. Se văd vîrfurile vilozităților și chiar mișcările lor în ansamblu.

Activitatea motorie a intestinului

Conținutul intestinal este transportat de-a lungul intestinului prin mișcări peristaltice și amestecat prin mișcări pendulare, segmentare și vilare. Observarea celor patru tipuri de mișcări reclamă mijloace și condiții mai greu realizabile în școli, totuși posibile.

Material necesar: un iepure, instrumente de disecție, două vase mari de sticlă sau borcane de 4—5 l, soluție Ringer călduță (39°) și bine aerată (aerarea se face prin barbotarea cu ajutorul unei pompe de bicicletă, cameră de minge de fotbal, vibrator de la acvariu), termometru, fiole de adrenalină 1‰ și acetilcolină.

Mod de lucru ● Se narcotizează animalul, se fixează în tava de disecție și se deschide cavitatea abdominală. Se observă mișcările intestinale vermiculare *in situ*. Se aplică două legături, una în regiunea duodenală, cealaltă, în regiunea rectală a intestinului. Se ligaturează marele vase mezenterice și se secționează între două legături. Se scoate întreaga masă intestinală, fără a se destrăma mezenterul, pentru a nu se distruge fibrele și plexurile nervoase și sanguine (fig. 95). Se introduce în baie cu soluție Ringer timp 1—2 min, pentru îndepărtarea sîngelui extravasat, apoi se introduce în o a doua baie, la 39° bine aerată. Se constată că întreaga masă intestinală efectuează mișcări peristaltice segmentare, pendulare. Aspectul vermicular al mișcărilor masei intestinale se datorește ansamblului mișcărilor pendulare. Introducînd în baia respectivă acetilcolină, mișcările vermiculare se amplifică, iar dacă se introduce soluție de adrenalină, ele se moderează sau se suprimă total. Amplificarea mișcărilor poate fi stimulată și prin excitare electrică, aplicînd excitatorul direct pe intestin, în diferite regiuni, sau pe mezenter.

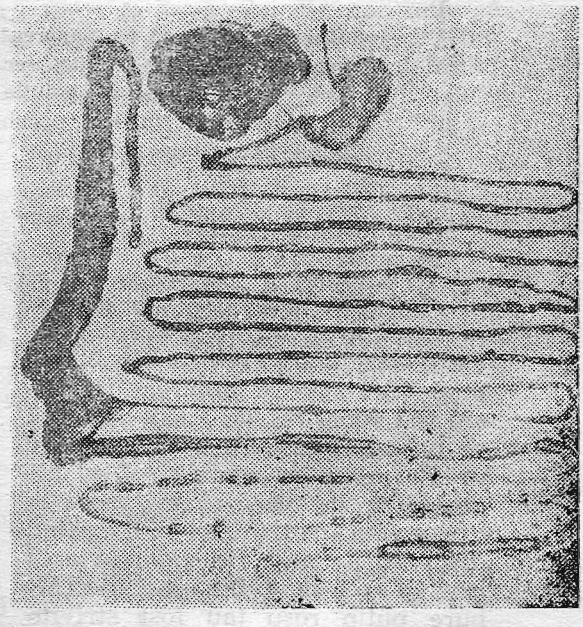


Fig. 95.
Etalarea tubului digestiv la iepure.

Mişcările intestinului în condiţiile arătate pot să dureze circa 30 min. Încetarea lor se produce cu atît mai repede cu cît condiţiile de temperatură constantă şi de aerare sînt mai nesatisfăcătoare.

Concluzii

Activitatea motorie a intestinului asigură amestecarea conţinutului intestinal cu sucurile digestive şi înaintarea acestuia în lungul tractusului intestinal. Contracţiile sînt controlate şi coordonate pe cale nervoasă (vegetativă) şi pe cale umorală.

4. Pancreasul şi rolul său fiziologic

Pancreasul este o glandă mixtă cu rol în digestie, prin secreţia externă.

Studiul morfologic poate fi făcut pe pancreas proaspăt de porc, detaşat din corpul animalului, împreună cu porţiunea de duoden în care se deschide canalul Wirsung. Se observă forma, culoarea ; se deschide porţiunea de duoden şi se reperează orificiul canalului Wirsung. Îndepărtînd grăsimea de pe pancreas se remarcă aspectul aciniform al glandei.

Rolul fiziologic al pancreasului exocrin poate fi pus în evidenţă prin studiul produsului de secreţie ; acesta se recoltează prin fistule, care nu se pot practica în şcoală. De aceea, pentru a evidenţia rolul chimic al sucului pancreatic ne servim — ca şi în cazul sucului gastric — de extracte mojarate de glandă.

Material necesar : un pancreas proaspăt de porc, viţel sau oaie, instrumente de disecţie, mojar, ser fiziologic, glicerină, nisip spălat, alcool 30%, pahar Berzelius, soluţie de NaOH diluat, soluţie de $NaHCO_3$ 0,5%, hîrtie de turnesol, eprubete, pîlnie şi tifon, clei de amidon, albumină, unt proaspăt.

Pregătirea extractului de pancreas

Mod de lucru ● Pancreasul proaspăt se curăţă de grăsime şi ţesutul conjunctiv şi se taie în bucăţi mici, care apoi se mojarează cu nisip sau sticlă pisată. Pasta obţinută se pune într-un pahar Erlenmeyer de 500 ml şi se adaugă 150 ml alcool 30%. Se lasă să macereze la temperatură scăzută 24 ore, agitînd din cînd în cînd. Se filtrează apoi prin tifon şi se obţine un lichid tulbure, puţin roşu (au fost strivite eritrocitele din organ), cu reacţie acidă (datorită hidrolizei şi autolizei parţiale a ţesutului). Se neutralizează mai întîi cu soluţie de NaOH diluat, apoi se adaugă o soluţie de $NaHCO_3$ 0,5%. Extractul conţine enzimele pancreatice : amilază, lipază, tripsinogen, chemotripsină cu rol amilolitic, proteolitic şi lipolitic.

● Un procedeu mai simplu este următorul : peste pasta majorată se adaugă puţin cîte puţin ser fiziologic sau glicerină. Se amestecă bine şi se lasă în contact 1—2 ore. Apoi se filtrează prin tifon. Se obţine extractul activ, tulbure, cu aspect lăptos.

Acțiunea extractului pancreatic asupra albuminei

● Se poate pune în evidență prin experiențe similare cu cele efectuate pentru acțiunea amilazei salivare, utilizînd, în loc de salivă, soluție de extract pancreatic.

Acțiunea extractului pancreatic asupra amidonului

● Extractul pancreatic conține enzime proteolitice, elaborate sub formă inactivă, de exemplu, tripsinogenul. Acesta se transformă în produs activ — tripsina — în contact cu enterochinaza (coenzimă), secretată de mucoasa duodenală. De aceea, pentru a cerceta acțiunea proteolitică a extractului pancreatic este necesar să se adauge și extract de mucoasă intestinală (care se obține în același mod). În amestecul de extract pancreatic și intestinal se introduc cuburi de albuș de ou fiert și se țin în etuvă la 38°. Se constată după un timp că proteinele sînt degradate chiar dacă ele nu au fost în prealabil peptonizate. Aceasta dovedește existența în sucul pancreatic a enzimelor proteolitice, cu capacitatea de a acționa asupra proteinelor netransformate în prealabil.

Acțiunea extractului pancreatic asupra grăsimilor

● Sucul pancreatic are o reacție alcalină datorită bicarbonatului de sodiu ($NaHCO_3$). Din cauza alcalinității și a săpunurilor ce se formează, sucul pancreatic are rol în emulsionarea permanentă a grăsimilor. Acesta se poate dovedi prin următoarele experiențe :

● Într-o eprubetă se iau 3 cm^3 extract pancreatic alcalinizat cu $NaHCO_3$, se adaugă 1 cm^3 untdelemn și se agită bine. Se obține o emulsie permanentă care se datorește formării de săpunuri ce scad tensiunea superficială a apei.

● Sucul pancreatic conține și o lipază puternică, care catalizează hidroliza grăsimilor. Extractului de pancreas i se adaugă cîteva picături de fenolftaleină. Se alcalinizează cu o soluție de $NaHCO_3$ 0,4%. Se adaugă puțin unt proaspăt, bine spălat (avînd reacție neutră), sau o emulsie fină, obținută prin agitarea în eprubetă a unei mici cantități de ulei cu apă. Se lasă la cald (37°), timp de 1—2 ore. Se constată că treptat soluția se decolorează, din cauză că prin scindarea grăsimilor se produc acizi, care intră în reacție cu bicarbonatul alcalin formînd săpunuri neutre.

Concluzii

Pancreasul elaborează enzime care catalizează hidroliza glucidelor, proteinelor, lipidelor. Amilaza pancreatică transformă amidonul pînă la maltoză, complexul triptic transformă proteinele pînă la tri- și dipeptide și aminoacizi, lipaza transformă grăsimile în acizi grași și glicerină. Mediul alcalin și temperatura între 37°–40° sînt indispensabile pentru activitatea acestor enzime.

5. Ficatul și rolul său fiziologic în digestie

În cursul disecției unui iepure, cobai, vom observa culoarea, forma și topografia ficatului. Se remarcă șanțurile, lobii, vasele aferente ficatului, vena portă și artera hepatică, vezica biliară, legătura cu duodenul. Se va secționa un lob pentru a se vedea lobulii cu lupa.

Dintre multiplele funcţii ale ficatului, unele sînt legate, de fiziologia digestiei. În legătură cu aceasta se poate studia în şcoală rolul bilei. Bila este un produs de secreţie-excreţie, care conţine săruri biliare, colesterol, mucină, pigmenţi biliari. Aceşti compuşi pot fi evidenţiaţi prin anumite reacţii chimice ; dintre ei, pentru digestie şi absorbţie, au importanţă sărurile acizilor biliari — substanţe tensioactive.

Sărurile biliare au rol în menţinerea emulsiilor grăsimilor datorită proprietăţii lor de a coborî tensiunea superficială.

Material necesar : bilă de porc sau de bou obţinută de la abator, hîrtie de filtru, eprubete, ulei, pahar conic, floare de sulf, baghetă de sticlă.

Mod de lucru ❶ Se iau două se îmbibă cu apă, iar cealaltă cu bilă. Se pune apoi fiecare hîrtie benzi de hîrtie de filtru din care una într-o eprubetă cu ulei pînă se realizează contactul cu uleiul. Se observă că uleiul pătrunde în hîrtia îmbibată cu bilă, pe cînd în cea îmbibată cu apă nu pătrunde.

❷ Pe două lame de sticlă se aplică cîte o bucăţică de hîrtie de filtru îmbibată una cu apă, cealaltă cu bilă. Se lasă să cadă dintr-o pipetă cîte o picătură de ulei pe fiecare hîrtie. Picătura de ulei de pe hîrtia îmbibată cu apă îşi menţine forma, pe cînd cealaltă picătură se aplatizează şi se întinde pe suprafaţa hîrtiei îmbibată cu bilă.

❸ În două eprubete se pune puţin ulei şi apă. În una din ele se mai adaugă 5—6 ml bilă şi se agită. Se observă formarea unei emulsii temporare în eprubeta fără bilă şi a unei emulsii durabile în eprubeta cu bilă. Sărurile biliare coboară valoarea tensiunii superficiale a solventului la o valoare apropiată de cea a grăsimii. Astfel, nemaiexistînd diferenţe mari de tensiune superficială între cele două lichide în contact, suspensia uneia în cealaltă poate da o emulsie permanentă.

Experienţa lui Hay

Experienţa lui Hay ne pune în evidenţă rolul sărurilor biliare în reducerea tensiunii superficiale a lichidelor : într-un pahar conic cu apă, se presară floare de sulf ; aceasta pluteşte la suprafaţa apei fiind menţinută de tensiunea superficială mare a apei. Cu o pipetă se introduce bila la fundul vasului. În acest timp (circa 5′), prin transparenţa apei, se vede clar cum floarea de sulf cade la fundul paharului. Experienţa poate fi făcută utilizînd două pahare : unul cu apă şi altul cu apă şi bilă. Se presară floare de sulf în ambele pahare ; aceasta va pluti numai în paharul fără bilă.

Concluzie

Prin acţiunea tensioactivă a sărurilor biliare, emulsiile grăsimilor se menţin, ceea ce oferă o suprafaţă mai mare de contact cu enzima specifică – lipaza pancreatică şi intestinală. Grăsimile compacte (slănina) nu pot fi scindate de lipază decît în partea lor de contact. Ca urmare, durata de digestie a acestora este de circa 12–15 ore în funcţie de cantitatea consumată la un prînz.

Alimente. Compoziția lor

Majoritatea alimentelor au o structură chimică complexă din care cauză nu pot fi asimilate ca atare și este necesară transformarea lor prealabilă, atît din punct de vedere fizic cît și chimic.

Demonstrăm existența diferitelor substanțe chimice în unele alimente astfel :

Material necesar : cîteva grame de alimente (exemplu carne, pîine etc.), eprubete, sursă de căldură, hîrtie de filtru, hîrtie de turnesol, soluție de acetat de plumb (Burow).

Demonstrarea conținutului de apă

Mod de lucru ● Se introduce alimentul într-o eprubetă care se ține înclinată pînă aproape de orizontalitate, deasupra unei flăcări, rotindu-se mereu. Se observă că se degajă vapori de apă ce se condensează pe pereții eprubetei (fig. 96).

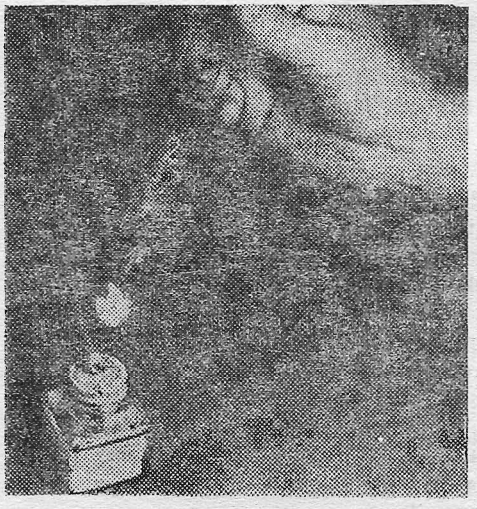


Fig. 96.

Demonstrarea prezenței apei în alimente :

1 – firimituri de pîine ;
2 – vapori de apă condensați pe peretele eprubetei.

Introducînd în eprubeta în care se încălzește alimentul, o bandă de hîrtie scrisă cu creion chimic, și făcînd-o să adere de perete se constată că, datorită îmbibării hîrtiei cu vapori de apă, textul apare din ce în ce mai clar.

Fig. 97.

Demonstrarea prezenței substanțelor organice în alimente :

1 – făină de carne sau de os ;
2 – hîrtie de filtru îmbibată cu soluție de acetat de plumb ;
3 – hîrtie de turnesol.

Demonstrarea conținutului în substanțe organice

● O bucățică de carne uscată se introduce într-o eprubetă la gura căreia se fixează, o hîrtie roșie de turnesol, și, separat, o bandă de hîrtie de filtru îmbibată parțial (pe o lugime de 1—2 cm) cu o soluție de acetat de plumb. Cele două benzi nu trebuie să se atingă (fig. 97). Se ține eprubeta deasupra unei flăcări și se încălzește ușor. În timpul încălzirii se produc următoarele fenomene : *1* — se condensează va-

porii de apă pe perete ; *2* — se albăstrește hîrtia roșie de turnesol din cauza degajării de amoniac, fapt ce demonstrează prezența unor substanțe azotate în carne ; *3* — se înnegrește hîrtia îmbibată cu acetat de plumb din cauza formării sulfurii de plumb, ceea ce constituie un indiciu despre prezența în carne a unor compuși cu sulf ; *4* — se degajă un miros caracteristic datorită arderii substanțelor proteice și a grăsimilor ; *5* — continuîndu-se încălzirea la flacără puternică se produce carbonizarea și se degajă fum, rămînînd în eprubetă numai cenușă, adică substanțe minerale oxidate. În puțină apă, aceste substanțe se dizolvă și albăstresc o hîrtie roșie de turnesol.

Vitaminele și rolul lor fiziologic

Vitaminele sînt biocatalizatori din surse exogene ce se găsesc în alimente fie sub formă activă, fie sub formă de provitamine, care în organism sînt transformate în vitamine active. Cînd lipsesc din hrană se produc tulburări caracteristice de carență. La colțul zoologic din școală se pot face unele experiențe de carențare a animalelor pentru a demonstra importanța și rolul fiziologic al cîtorva vitamine.

1. Carența de vitamina A

Vitamina A are rol însemnat în metabolismul celular. În lipsa vitaminei A se produc : oprirea creșterii, alterarea epiteliilor — printre care și epiteliul cornean —, deformarea oaselor. Se găsește în ficat, în lapte etc. În alimentele de origine vegetală se găsește sub formă de caroten (provitamină care devine activă în organismul animal).

Material necesar : pui de șobolani albi (10 indivizi), cuști pentru două loturi (unul martor și celălalt carențial), hrană de regim în cantitate suficientă spre a se putea urmări experiențele 1—2 luni, balanță de laborator. Rația alimentară trebuie să aibă următoarea compoziție procentuală : peptonă din mușchi 17%, zahăr pulverizat 66%, drojdie de bere uscată 3%, sare brută 2%, slănină albă 12%. Hrana trebuie să fie aceeași pentru ambele loturi, cu deosebire că în harana lotului martor se adaugă 1 ml dintr-o soluție de vitamină A (30 000 unități) la 100 g hrană (se procură de la farmicii).

Mod de lucru ● Se organizează loturile de pui de șobolani ca să fie cît mai omogene. Se cîntărește fiecare exemplar pe nemîncate. Datele se consemnează într-un carnet în care se va nota controlul greutății săptămînale. Se administrează animalelor hrană de regim pentru fiecare lot și în cantitate suficientă. Zilnic li se dă și apă. Se asigură și o bună igienă. Este necesar ca elevii ce se vor ocupa de această experiență să fie instruiți în privința respectării riguroase a regimurilor.

Din primele săptămîni de experimentare se poate observa că animalele din lotul experimental fără vitamină A rămîn în urmă față de cele din lotul martor ; acestea scad în greutate, se pierde apetitul, se instalează slăbiciuni fizice care înaintează cu repeziciune, apar tulburări oculare — xeroftalmia — datorită cheratinizării și opacizării corneei,

Fig. 98.

Efectele carenței în vitamina A asupra ochilor de șobolan :
A – martor sănătos ;
B – stadiu avansat de xeroftalmie, cu corneea opacizată.

din care cauză animalele manifestă frică de lumină, părul cade (fig. 98). Cînd s-a ajuns în această fază (1—2 luni) se începe tratamentul cu vitamină A, prin administrare a cîte 30 000 de unități pe săptămînă. Starea animalelor carențate începe să se îmbunătățească.

2. Carența de vitamina B

Unele alimente sînt lipsite total sau sărace în vitamine B (pîinea albă, orezul decorticat, dulciurile, macaroanele etc.). Consumul prelungit și monoton cu aceste alimente aduce după sine tulburări fiziologice grave. Avitaminoza B_1 determină boala denumită *beri-beri*. Aceasta se produce în urma alimentării exclusive cu orez decorticat. Boala se caracterizează prin simptoame polinevritice și tulburări ale funcției cardiace.

Material necesar : două voliere cu două loturi cît mai omogene de cîte patru porumbei, cîntar, termometru, regim carențial reprezentat prin : orez decorticat la discreție, puțină sare de bucătărie, trei picături de untură de pește sau pastile de vitamină A+D la 100 g apă. Hrana lotului martor este aceeași, cu deosebirea că i se adaugă puțină drojdie de bere sau cîteva miligrame soluție de vitamina B_1. Nisipul care se dă pentru asigurarea triturării trebuie spălat pentru a fi debarasat de eventualele materii organice, care ar putea conține vitamina B_1.

Mod de lucru ● Animalele pentru experiență se țin sub observație 7—10 zile, după care, dacă sînt sănătoase, se trec la regim. Se supraveghează, li se ia temperatura rectală și se cîntăresc, mereu în aceleași condiții, de 2—3 ori pe săptămînă. Datele se înregistrează într-un caiet de observație.

Simptoamele de carență încep să apară după 2—3 săptămîni : scăderea temperaturii corporale care

se accentuează treptat, o progresivă scădere în greutate, în faza ultimă, tulburări locomotorii grave (incapacitate de mers și de zbor), stări convulsive și mișcări necoordonate, cu stări anormale ale membrelor, capului (capul este arcuit pe spate sau căzut înainte), stări paralitice durabile (fig. 99). Cînd animalele au ajuns în această stare se întrerupe regimul carențial și, spre a readuce la normal animalele bolnave, li se injectează cîte 10 mg de vitamină B_1 și se trec la un regim alimentar normal (cu boabe de grîu în loc de orez decorticat). Restabilirea se face repede și poate fi observată de elevi. Aceleași rezultate putem obține și pe găini la care efectul de carențare devine vizibil în circa 10 zile.

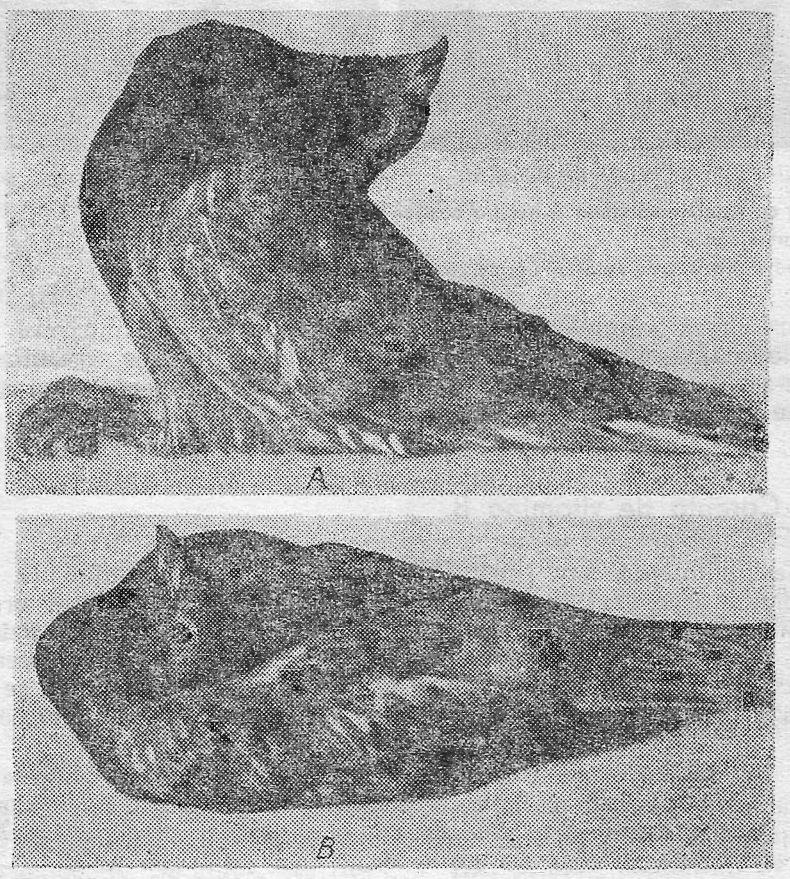


Fig. 99.

Efectele carenței în vitamina B_1 la porumbel :

A – forma spastică ;
B – forma paralitică.

3. Carența de vitamina C

Acidul ascorbic sau vitamina C este un biocatalizator cu rol în procesele de oxidoreducere. Vitamina C este sintetizată de aproape toate animalele cu excepția primatelor și cobaiului.

În lipsa vitaminei C din alimentația omului se produc tulburări grave, cunoscute încă demult sub denumirea de *scorbut*. Scorbutul experimental poate fi provocat destul de ușor numai la cobai.

Material necesar : cîțiva cobai tineri (4—6), 4—6 cuști simple (în lipsă niște lăzi), furaje suficiente pentru hrana lor timp de 3—4 săptămîni, vitamina C tablete.

Mod de lucru ● Se țin animalele sub observație timp de o săptămînă în care se hrănesc cu grăunțe de orz, tărîțe de grîu, fîn proaspăt și diferite verdețuri (foi de varză, iarbă crudă, sfeclă, morcovi etc.).

Cobaii se împart apoi în două loturi omogene. Unul din loturi se trece „la regim" carențial (prin suprimarea crudităților), alcătuit din fîn uscat, grăunțe și tărîțe la discreție, morcovi fierți și răciți. Lotului martori i se adaugă la 100 g de uruială și tărîțe cîte o tabletă de vitamină C 200 mg mojarată și amestecată în uruială și tărîțe. Se respectă regimul și igiena animalelor. Cobaii se cîntăresc și se pun în cuști individuale.

După 10—14 zile se observă la animalele care primesc regimul carențial, apariția simptoamelor scorbutice ca : încetarea creșterii, stare de slăbiciune generală, zbîrlirea și uscarea părului, hemoragii gingivale și clătinarea dinților care aduc după sine imposibilitatea de hrănire, și alte manifestări, care nu sînt atît de aparente (ca, de pildă, slăbirea rezistenței la infecții, alterări ale osificării, hemoragii subperiostale și subcutanate etc.) (fig. 100). Animalele scad în greutate, fapt ce se constată prin cîntărirea lor din 5 în 5 zile.

Comparînd indivizii din cele două loturi, deosebirea este foarte concludentă. Pentru ca animalele din lotul experimental să fie salvate trebuie să fie trecute la regimul alimentar normal ; li se administrează la început vitamina C (sub formă de injecții sau pe cale bucală). Restabilirea animalelor se face încet și pot fi salvate dacă tulburările de carență nu au fost prea grave.

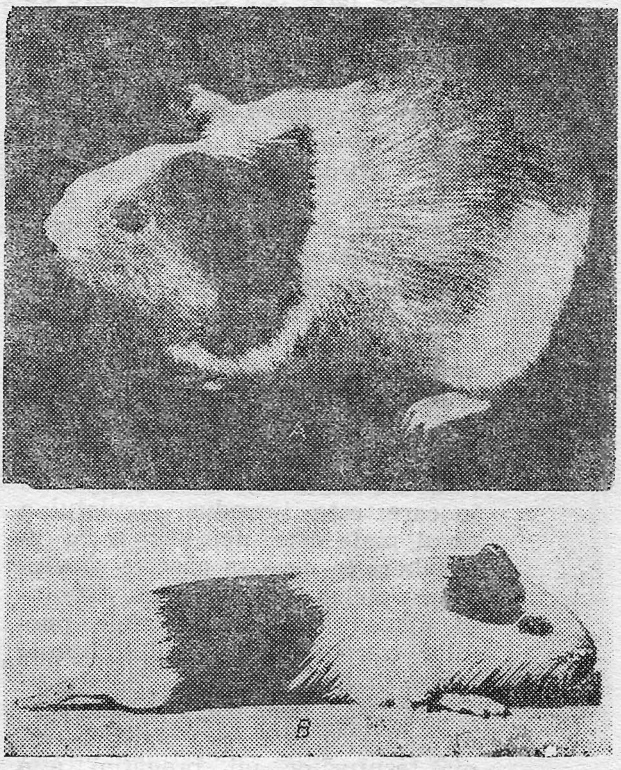


Fig. 100.
Efectele carenței în vitamina C la cobai :
A – cobai sănătos ;
B – cobai carențat.

Concluzii

Vitaminele sînt biocatalizatori ai proceselor metabolice, necesare în cantități foarte mici (de ordinul miligramelor). Absența lor din alimentație produce tulburări grave, caracteristice fiecărei vitamine, putînd determina chiar moartea animalului.

Absorbția intestinală

Absorbția se face în mod esențial la nivelul intestinului subțire și, într-o măsură mai mică, și în celelalte segmente ale tubului digestiv. Valvulele conivente, vilozitățile intestinale cu epiteliul lor unistratificat și microvilozitățile conferă o mare suprafață de contact (la om 40—50 m^2) cu conținutul intestinal, ce cuprinde produșii finali ai digestiei.

Pentru a demonstra mecanismul traversării substanțelor chimice prin membrana semipermeabilă propunem următoarele experiențe :

Material necesar : broaște, trusă de disecție, pahare sau eprubete largi, ser fiziologic, 6,5‰ alcool, albastru de metil.

Mod de lucru ● Se iau două eprubete largi sau două pahare cu ser fiziologic. Se sacrifică o broască prin paralizarea completă și apoi se jupoaie pielea fiecărui membru posterior începînd de sus și mergînd înspre laba piciorului. Se acordă grijă să nu se rupă pielea, care trebuie să rămînă ca un tub. Ajungîndu-se la labă se taie oasele ; avem astfel două săculețe deschise numai la capătul de sus. Întoarcem pe dos pielea unui săculeț. Introducem soluție de albastru de metil în ambii săculeți și-i cufundăm în eprubetele sau paharele cu ser fiziologic (fig. 101). Se observă, după un timp, că serul fiziologic a început să se coloreze slab în eprubeta în care este introdus săculețul a cărui piele este neîntoarsă, iar în eprubeta în care se găsește săculețul cu pielea întoarsă, serul fiziologic nu se colorează. Deci, pielea permite trecerea colorantului numai într-o singură direcție.

Pentru a demonstra că semipermeabilitatea este caracteristică numai țesuturilor vii pregătim alte două săculețe pe care, înainte de a le umple cu soluția de albastru de metil, le ținem 15 min în alcool. În acest caz, celulele mor și pierd proprietatea semipermeabilității. Colorantul trece acum prin pielea săculețelor în ambele eprubete, ceea ce dovedește difuziunea colorantului prin tegument, dinspre partea internă spre cea externă și invers.

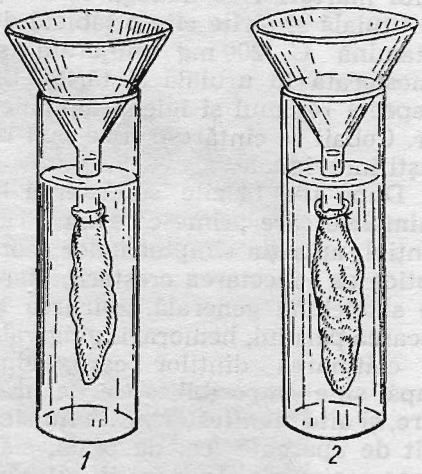


Fig. 101.

Experiență asupra semipermeabilității pielii de broască :

1 — eprubetă în care s-a pus săculețul cu pielea vie, neîntoarsă pe dos (deci interiorul săculețului reprezintă mediul intern al organismului) ;

2 — eprubetă în care s-a pus săculețul cu pielea vie, întoarsă pe dos (deci interiorul săculețului reprezintă exteriorul organismului).

Concluzii

Prin pielea vie, trecerea albastrului de metil se face numai într-o singură direcție, de la interior spre exterior, adică pielea este semipermeabilă, spre deosebire de țesutul neviu, în care

trecerea se face în ambele sensuri. Semipermeabilitatea și absorbția sînt procese fiziologice care se realizează în țesuturile vii ; ele nu sînt procese fizice de osmoză.

B. SISTEMUL RESPIRATOR ȘI RESPIRAȚIA

1. Ansamblul anatomic al sistemului respirator

Pentru observarea structurii sistemului respirator și a raporturilor organelor respiratorii cu cele adiacente se recomandă disecția unui iepure.

Material necesar : un iepure, instrumente de disecție, tavă sau măsuță de operație, eter, vată, instalație pentru excitare electrică, tub de cauciuc (25—30 cm), tub de sticlă, placă de sticlă.

Mod de lucru ❁ Se anesteziază iepurele, se fixează pe masa de operație cu fața ventrală în sus, se observă ritmul mișcărilor respiratorii. Se face o incizie în tegument în regiunea cervicală și toracică și se degajează într-o parte și în alta pielea.

Se disociază pe linia mediană mușchii gîtului și se pun în evidență laringele și traheea, care sînt larg deschise datorită scheletului format din inele cartilaginoase, cu rolul de a menține permanent calea aeriană deschisă. Pensînd traheea se întrerupe posibilitatea de ventilație pulmonară ; ca urmare se produce anoxie și intensificarea mișcărilor de inspirație și expirație. Suprimarea pensării este urmată de restabilirea ritmului respirator, bineînțeles dacă aceasta nu a durat mai mult de 30 s.

Se deschide acum cavitatea abdominală printr-o laparotomie, făcută pînă sub nivelul apendicelui xifoid, cu grija de a nu se pătrunde în cavitatea toracică, pentru a observa mișcările diafragmei.

Se face apoi o secțiune circulară în plastronul toracic, de o parte și de alta a sternului, și se ridică acesta avînd grijă să se păstreze inserția costală a diafragmei. Din cauza pătrunderii aerului în cavitatea toracică, plămînii se turtesc și se reduc ca volum, iar mișcările respiratorii încetează, însă inima continuă să bată un timp.

Spre a prelungi activitatea inimii și, deci, asigurarea circulației, se improvizează o respirație artificială în modul următor : se face o incizie în trahee și se introduce în aceasta un capăt al tubului de sticlă, care la celălalt capăt se prelungește cu un tub de cauciuc de 25—30 cm, conectat cu o pară de cauciuc. Se fac insuflații ritmice în trahee presînd para de cauciuc ; se observă distensia și revenirea plămînilor la forma lor inițială **(planșa VII).**

Modificările de volum ale plămînilor sînt posibile datorită țesutului elastic pe care-l conțin. Se va profita de această ocazie să se urmărească și activitatea inimii și culoarea roșie sau cianotică a vaselor de sînge.

❁ Se disociază și se excită nervul frenic pentru a determina contracția diafragmei apoi se procedează la un examen amănunțit al căilor respiratorii — laringe, trahee, bronhii — și al plămînilor. Se izolează și se scoate tot acest ansamblu, se spală cu apă și se așază pe o placă de sticlă. Se compară morfologia acestor organe cu imaginea și cu descrierea din manual. Mergînd în lungul confluenței venelor cave (inferioară și superioară) se descoperă nervul

frenic stîng, care pătrunde în niște bride (băieri) fibroconjunctive și, împreună cu acestea, se distribuie în diafragmă **(planșa VIII și IX).** Se trece pe sub el un fir de ață, se ridică ușor și se excită electric. Dacă preparatul este încă proaspăt, se observă contracția diafragmei, deși plămînii nu mai sînt în cavitatea toracică.

2. Punerea în evidență a detaliilor structurale ale organelor respiratorii

Material necesar : laringe de porc, trahee, bronhii (cîteva bucăți), plămîni, instrumente de disecție.

Mod de lucru ● Se îndepărtează țesutul adiposoconjunctiv și mușchii externi ai laringelui, pentru a observa piesele cartilaginoase și mușchii intrinseci. Îndepărtînd apoi și acești mușchi se văd bine articulațiile mobile și ligamentele cartilajelor. Se disecă piesele cartilaginoase pe rînd (fig. 102) : epiglota — un cartilaj turtit ca o lamă ; cartilajul tiroid — în forma a două lame unite median sub un unghi de 160° și avînd două perechi de prelungiri spre partea dorsală (coardele superioare și inferioare) ; cartilajul cricoid, în formă de inel avînd jumătatea dorsală mai lată ; cartilajele aritenoide (două) situate dorsal, de formă triunghiulară ; alte cartilaje mici în număr de trei perechi.

● Pentru a se examina suprafața internă (fig. 103), se ia un alt laringe și se face o secțiune sagitală care-l împarte în două jumătăți longitudinale. Se observă o membrană mucoasă netedă, fixată de peretele intern al organului printr-un țesut conjunctiv lax. La polul rostral po-

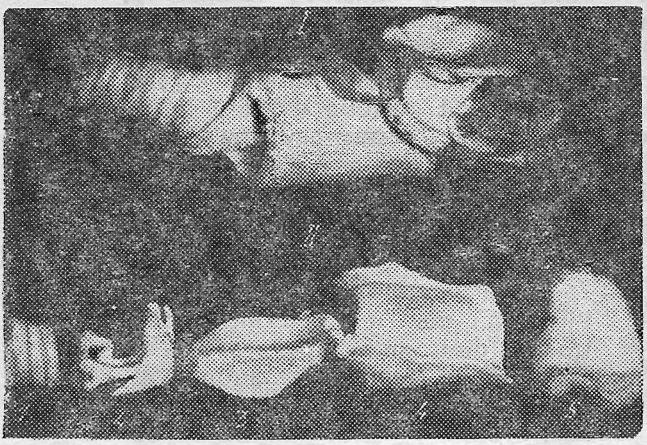


Fig. 102.

Laringe de porc :
I – cu piesele articulate ;
II – cu piesele detașate ;
1 – porțiunea rostrală a traheei ;
2 – cartilaj aritenoid ;
3 – cartilaj cricoid ;
4 – cartilaj tiroid ;
5 – epiglota.

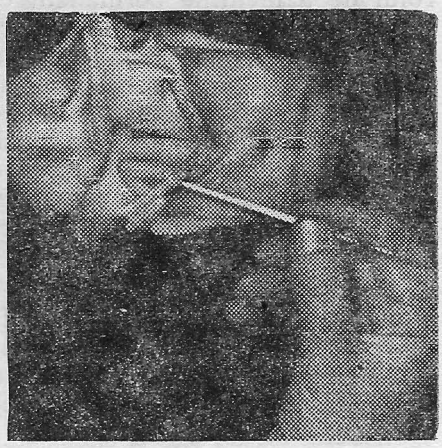


Fig. 103.

Aspectul suprafeței interioare a laringelui de porc.
Vîrful mînerului bisturiului este introdus în „ventriculul" laringelui.

sedă două pliuri paralele, pornind din dreptul cartilajului tiroid pînă în dreptul cartilajelor aritenoide. Aceste pliuri formează coardele vocale.

Introducîndu-se o pensă între coardele vocale superioare și cele inferioare se descoperă un spațiu numit ventricul, care se prelungește sub pliul superior pînă în regiunea tireohioidiană. În grosimea pliului superior se găsește un ligament (tireoaritenoidian) care a primit denumirea de coardă, iar în grosimea celui inferior există un mușchi.

Alăturînd cele două jumătăți ale laringelui se examinează modul cum se apropie „coardele vocale", precum și spațiul glotic.

Cu elevii se va analiza mecanismul producerii sunetelor în timpul expirației și al închiderii căii aeriene în timpul deglutiției.

● Se secționează transversal traheea și se observă lumenul larg al acesteia. Apoi se disociază traheea în lung și se compară cu esofagul, organ tot cavitar, dar cu pereții colabați, cu un spațiu virtual, care se destinde la trecerea bolurilor alimentare în raport cu volumul acestora, pe cînd traheea este tot timpul larg deschisă datorită inelelor cartilaginoase. Examinînd un inel cartilaginos, observăm că în partea dorsală extremitățile sînt unite prin țesut conjunctiv. Se va examina apoi tunica internă a traheei, acoperită de o mucoasă cu epiteliul ciliat și bogată în glande. Bronhiile extrapulmonare au inele cartilaginoase incomplete asemănătoare cu ale traheei.

Pe plămînii de porc se observă configurația externă, fața lor costală convexă, fața bazală concavă și cea mediastinală, la care există hilul pulmonar — locul de intrare în fiecare plămîn a organelor ce compun pedicului pulmonar alcătuit din bronhie, vase de sînge, limfatice, nervi, țesut conjunctiv. Se vor observa lobii pulmonari la plămînul drept și la cel stîng.

Cîntărindu-se în palmă un plămîn se remarcă greutatea sa specifică foarte mică (raportată la volum) și plutirea deasupra apei dintr-un vas, iar prin comprimare se va auzi ieșirea aerului și revenirea relativă la volumul anterior. Se va conchide că în structura plămînilor sînt numeroase spații pline cu aer și țesut fibroelastic abundent.

Cu foarfecele se secționează în lung începînd cu bronhia principală ramificațiile ei lobare pînă la calibrele celor mai mici și se va compara structura acestora cu cea a bronhiilor extrapulmonare.

● Structura microscopică a unui plămîn de om nefumător și a unuia de om fumător pot fi studiate pe lama procurată de la laboratoarele de anatomie patologică.

3. Respirația

Organele respiratorii asigură trecerea O_2 din aerul alveolar în sînge și a CO_2 din sînge în aerul alveolar.

Mecanica respiratorie

Reprezintă ansamblul proceselor prin care se asigură primenirea aerului alveolar. Aceasta se face prin trecerea aerului atmosferic în spațiul alveolar și din spațiul alveolar în atmosferă. Deplasarea aerului este

condiționată de variațiile de presiune dintre aerul atmosferic și cel alveolar. Variația de presiune în sensul unei reduceri sau al unei creșteri în spațiul alveolar este realizată prin mișcările efectuate de pereții cutiei toracice, ca urmare a contracției mușchilor inspiratori și expiratori. Amplitudinea și frecvența celor două faze (inspirația și expirația) în diferite situații pot fi studiate în primul rînd prin autoobservare, apoi prin experiențele pe care le propunem în continuare.

Material necesar: un metru de croitorie, un ceasornic cu secundar sau cronometru.

Măsurarea perimetrului toracic

Mod de lucru ● Se măsoară perimetrul toracic al unui elev direct peste cămașă sau bluză, în timpul expirației și inspirației liniștite.

Metrul se aplică la nivelul superior al omoplatului cu brațele lăsate în jos. Diferența între perimetrul toracelui din timpul inspirației ori al expirației este în cazul unui torace sănătos și elastic de 6—12 cm la bărbați și 4—9 cm la femei. Pierderea elasticității structurilor peretelui toracic duce la diferențe mici de 2—3 cm.

Se cronometrează numărul de respirații pe minut, iar prin calcul se stabilește durata unei respirații complete.

Subiectul este invitat apoi să execute un efort fizic susținut pentru o scurtă durată de timp (să ridice de mai multe ori o greutate, să alerge timp de cîteva minute pe culoar etc.); se procedează în același fel la măsurarea perimetrului toracic în inspirație și expirație și la înregistrarea ritmului respirator. Frecvența și amplitudinea au crescut.

Se vor observa mișcările ritmice ale peretelui abdominal și se vor explica aceste fapte. Cu privire la ritmul și profunzimea respirațiilor se va cere elevilor, ca în situații identice, să compare acestea pe organismul propriu și organismul unor persoane înaintate în vîrstă.

Capacitatea de apnee voluntară

Mod de lucru ● O experiență ușor de executat, care privește relația dintre ritmul respirator și presiunea parțială a gazelor respiratorii în atmosfera intraalveolară, este cea care pune în evidență capacitatea de apnee și polipnee voluntară.

Un elev este invitat să-și rețină pentru un moment respirația — apnee. Apneea voliționlă după o expirație forțată poate dura circa 20 s, iar după o inspirație forțată poate fi prelungită la 30—60 s. Se produce în acest timp anoxia țesuturilor, care este urmată imediat de o accelerare a frecvenței la 20—25—30 pe min — polipnee compensatoare —, deoarece se produce o stimulare a centrului respirator prin CO_2 acumulat.

Se vor crea discuții în legătură cu aceste observații și se vor face referiri la respirația la înălțimi (pe munți sau în atmosfera înaltă) și în adîncuri (scafandri, mineri). Se mai pot face referiri la accelerarea de ritm în cazul temperaturilor ridicate, la apneea reflexă provocată de un jet de apă rece proiectat neașteptat pe tegument și la modificările respirației în timpul vorbirii, strănutului, tusei, deglutiției, sughițului, vomei, cînd durata expirației este prelungită, centrul inspirator fiind inhibat.

Pronunțarea succesivă a unor cifre la intervale de circa o secundă în cursul unei singure respirații

este de maximum 20 și corespunde în timp cu perioade de apnee voluntară. În cazul unor afecțiuni cardiace această perioadă este cu mult mai scurtă.

Demonstrarea mecanicii respiratorii cu aparatul Donders

Mod de lucru ● Experiența cu aparatul Donders completează înțelegerea rolului fiziologic al mușchiului diafragmei în mecanica respirației și rolul țesutului elastic pulmonar. Aparatul Donders se compune dintr-un clopot de sticlă prin al cărui gît trece un dop străbătut de un tub. De tub se prind traheea împreună cu plămînii disecați recent din toracele unui iepure sau cobai. Partea de jos a clopotului este închisă cu o membrană de cauciuc ce are la mijlocul ei, în afară, un cîrlig de care se poate trage. Atragem atenția elevilor că, analogia acestui clopot cu cavitatea toracică nu este perfectă, deoarece „in situ" între cele două foițe pleurale nu este un spațiu real așa cum există între plămîni și peretele clopotului din experiența noastră. În această experiență nu se demonstrează forța de adeziune dintre cele două pleure.

Trăgînd în jos de membrana de cauciuc, spațiul în clopot crește și se micșorează presiunea ; atunci în plămîni intră aer din atmosferă și ei se dilată. Membrana de cauciuc are rolul diafragmei, iar tragerea ei în jos reprezintă contracția în cursul inspirației, urmată de alungirea diametrului sagital.

Dînd drumul membranei de cauciuc, spațiul din clopot se micșorează, ca urmare aceasta revine ; presiunea în cavitatea clopotului și în plămîni crește peste valoarea presiunii atmosferice ; plămînii sînt comprimați și aerul intrat în ei este evacuat pînă la egalarea presiunii (fig. 104). Elevii au observat astfel modificările de volum ale plămînului în timpul celor două faze ale

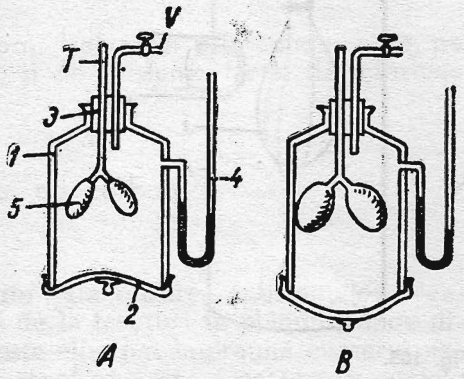


Fig. 104.
Experiența lui Donders :
A – expirație ;
B – inspirație ;
1 – clopot de sticlă ;
2 – membrană de cauciuc ;
3 – dop prin care trece tubul (*T*) corespunzător traheei și un vid parțial ;
4 – manometru ;
5 – balonașe de cauciuc conectate la capătul bifurcat al tubului (*T*).

respirației. Reamintim rolul pe care îl au în același timp ceilalți mușchi respiratori.

● Experienței descrise i se poate crea o variantă : în cazul cînd ne lipsesc plămînii naturali putem lua două balonașe de cauciuc, pe care le prindem la capătul bifurcat al tubului de sticlă ce trece prin dop. Se manevrează în același fel și se obțin rezultate similare.

● În lipsa unui clopot utilizăm o sticlă, căreia i s-a tăiat fundul. Prin gîtul sticlei trece, ca și în cazul precedent, tubul, de care este fixat un balon de cauciuc sau plămîn. Introducem parțial sticla cu fundul într-un vas cu apă ; ridicarea și coborîrea sticlei micșorează sau mărește presiunea internă, balonașul se umflă și se dezumflă. În acest caz, membrana de cauciuc a fost înlocuită cu nivelul apei.

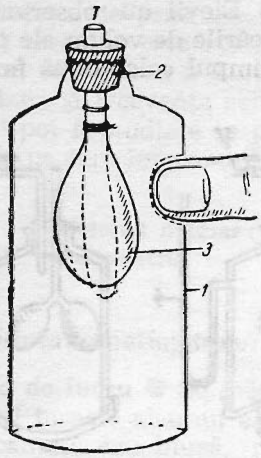


Fig. 105.

Model experimental cu care se demonstrează mecanica respiraţiei :

1 – vas din material plastic transparent ;
2 – dop găurit prin care trece tubul de sticlă *T* ;
3 – balonaş de cauciuc.

● Poate fi utilizat şi un vas transparent, din material plastic, de forma unei sticle. Gîtul vasului se astupă cu un dop găurit, prin care pătrunde un tub de sticlă, la capătul căruia se leagă strîns un mic balon elastic (fig. 105).

Se presează mai întîi pereţii vasului din plastic pentru a expulza aerul şi după aceasta se fixează dopul pregătit dinainte în aşa fel încît să astupe ferm orificiul. Se slăbeşte comprimarea vasului şi acesta îşi recapătă forma ; se constată că balonul se umflă.

Se arată că fenomenele observate în acest model sînt analoage fenomenelor ce au loc în procesul respiraţiei.

Concluzii

Muşchii respiratori toracici şi diafragmul, prin contracţiile şi relaxările lor, modifică ritmic cele trei axe ale cavităţii toracice. Aceasta nu este însă suficient decît cu condiţia menţinerii tensiunii superficiale între cele două pleure. Modificarea într-un sens şi în celălalt a volumului toracic modifică presiunea intraalveolară şi determină inspiraţia şi expiraţia. Ţesutul elastic din parenchimul pulmonar are rolul de a facilita distensia plămînului în inspiraţie şi revenirea la forma iniţială în expiraţie.

Rolul presiunii intrapleurale

Material necesar : două lame de ras.

Mod de lucru ● Pelicula de lichid pleural are rol lubrifiant şi permite ca cele două pleure să alunece una pe cealaltă în timpul mişcărilor respiratorii şi totodată determină o forţă de adeziune, care se opune tracţiunii destul de intense din timpul inspiraţiei ; astfel pleura viscerală rămîne aderentă la cea parietală. Putem pune în evidenţă forţa de adeziune exercitată de pelicula de lichid dintre foiţele pleurale dacă încercăm să separăm două suprafeţe netede umede, spre exemplu, două lame de ras umezite puse una peste alta ; ele alunecă, dar nu le putem despărţi. Dacă cantitatea de lichid dintre lame este mai mare dezlipirea lor este uşoară. Situaţie similară se produce în condiţii patologice cînd lichidul pleural creşte sau se introduce aer între cele două pleure (pneumotorax). Atunci pleura viscerală nu mai este aderentă la cea parietală şi în inspiraţie trac-

țiunea asupra parenchimului pulmonar nu mai are loc, nu se mai produc variațiile de presiune în aerul alveolar și, ca urmare, încetează posibilitatea de primenire a acestuia.

Concluzie

Primenirea aerului din spațiul alveolar este condiționată, pe lîngă mecanica respiratorie, și de existența forței de adeziune dintre cele două pleure.

Identificarea prezenței dioxidului de carbon în aerul expirat

Dioxidul de carbon care rezultă din catabolizarea substanțelor organice este transportat pe cale sanguină de la țesuturi la plămîni, unde difuzează în aerul alveolar, iar de aici este eliminat împreună cu aerul expirat. Demonstrarea prezenței CO_2 în aerul expirat se poate face astfel :

Material necesar : cilindri gradați, pahare Berzelius, eprubete, apă de var, hidroxid de sodiu în soluție de 20%, fenolftaleină, tub de sticlă sau pipetă, acid clorhidric în soluție de 10%.

Mod de lucru ● Cu o pipetă se introduc într-o eprubetă curată circa 10 ml de apă de var limpede. Se barbotează în apa de var, printr-un tub de sticlă sau prin pipetă aer de la sfîrșitul cîtorva expirații profunde. Se constată că apa de var se tulbură foarte repede. Se lasă în repaus și se observă că se depune la fund un precipitat alb de carbonat de calciu. Se adaugă acid clorhidric picătură cu picătură ; soluția se limpezește deoarece precipitatul se dizolvă. În acest timp se degajă bule de gaze (CO_2).

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

$$CaCO_3 + 2\,HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2CO_3 \swarrow \begin{matrix} CO_2 \\ H_2O \end{matrix}$$

● Se experimentează în același mod folosind în locul $Ca(OH)_2$, hidroxid de sodiu sau potasiu. În acest caz însă nu se observă un precipitat și, de aceea, pentru a putea urmări efectiv CO_2 eliminat se adaugă în soluția alcalină un indicator (fenolftaleină). Soluția se colorează în roșu caracteristic, însă, după ce începe barbotarea aerului expirat, se observă că ea se decolorează în mod treptat devenind pînă la urmă incoloră, fapt care denotă că acidul carbonic eliminat a neutralizat tot hidroxidul.

„Supapele lui Müller"

Mod de lucru ● Din experiența următoare, elevii își vor da mai bine seama că aerul expirat conține cu mult mai mult dioxid de carbon decît aerul inspirat. Ca și în cazul precedent, demonstrația „supapelor lui Müller" se efectuează odată cu studiul schimbului de gaze la nivel pulmonar.

„Supapele lui Müller" sînt formate din două flacoane de sticlă albă în care se pune apă de var și se astupă cu dopuri, prin care trec tuburi de sticlă sau plastic ce se montează ca în figura 106. Se vede că, din cele două tuburi care străbat fiecare dop, unul nu ajunge în lichid, iar celălalt pătrunde în apa de var pînă aproape de fundul sticlei.

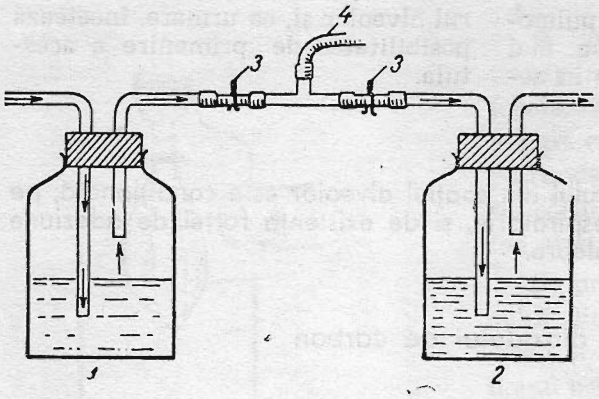


Fig. 106.

Supapele lui Müller prin care se demonstrează prezența CO_2 în aerul expirat :

1 și *2* vase spălătoare ;
3 — cleme ;
4 — tubul prin care se inspiră și se expiră.

Tubul scurt al unui flacon *(1)* și tubul lung al celuilalt *(2)* sînt unite printr-un tub în T legat cu un tub de cauciuc. Brațul liber al tubului în T se prelungește cu un tub de cauciuc prin care subiectul respiră *(4)*. Pe traseul tubului în T se pun două cleme care au rol de supape *(3)* și *(3')*.

Unul din flacoane *(1)* servește ca vas spălător pentru aerul inspirat din cameră care, trecînd prin vas, se purifică de CO_2 ; celălalt *(2)* servește ca vas spălător pentru reținerea CO_2 conținut în aerul expirat. În timpul inspirației se închide clema *(3')* dinspre vasul *(2)*, iar în timpul expirației se închide clema dinspre vasul *1 (3)*.

Subiectul cu nările pensate face cîteva inspirații și expirații obișnuite prin „supapele lui Müller". Elevii vor observa, că după 2—3 respirații, apa de var din flaconul *(2)*, prin care trece aerul expirat, se tulbură mult mai mult în comparație cu apa de var din flaconul *(1)*, care reține CO_2 din aerul atmosferic și care rămîne limpede sau se tulbură foarte puțin.

Concluzie

Aerul expirat conține mai mult CO_2 decît aerul inspirat. De aici necesitatea aerisirii claselor, ca urmare a acumulării unei cantități crescute de CO_2, rezultat din procesele respiratorii ale elevilor prezenți în clasă.

Punerea în evidență a consumului de oxigen

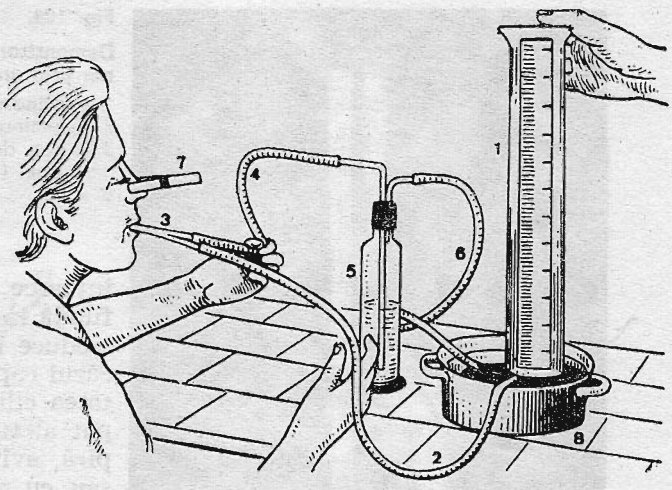
Material necesar : o cratiță cu capacitatea de 2 l, un cilindru gradat de 1—2 l (eventual o sticlă oarecare cu gîtul larg), trei tuburi de cauciuc, un vas absorbant (poate fi înlocuit cu un borcan pentru chimicale), un tub Y sau în T (din sticlă sau metal), soluție de NaOH 40%, pense pentru rufe.

Mod de lucru ● Se face instalația ca în figura 107. Se introduce soluția de NaOH în vasul absorbant. Se aplică bine dopul și se verifică etanșeitatea sa și a tuburilor de sticlă sau de metal, care trec prin el. Se fac legăturile tuburilor de cauciuc cu vasul absorbant prin intermediul tubului Y. Se aplică pensele pentru dirijarea circuitului închis al aerului.

Fig. 107.

Experiență prin care se demonstrează consumul de O_2 în respirație :

1 – cilindru gradat ;
2 – tub de cauciuc pentru inspirație ;
3 – tub în Y ;
4 – tub de cauciuc pentru expirație ;
5 – vas cu NaOH pentru absorbția CO_2 ;
6 – tub de cauciuc pentru închiderea circuitului ;
7 – pensă nazală sau cîrlig de rufe ;
8 – castron cu apă.



Se pune apă în cratiță. Se introduc capetele libere ale tuburilor de cauciuc în cilindrul gradat pînă aproape de mijloc, apoi se potrivește gura acestuia în apă și este menținut în poziție verticală de un ajutor, astfel încît să nu comunice cu atmosfera.

Subiectul trebuie să manevreze pensele de pe tuburile de cauciuc și să respire, numai pe gură prin tubul Y, în care scop i se va pensa nasul. I se atrage atenția că în timpul inspirației trebuie să asigure venirea aerului din cilindru prin deschiderea pensei de pe tubul de cauciuc direct *(2)*, iar în expirație închide pensa *(2)* și trebuie să forțeze trecerea aerului prin vasul absorbant al dioxidului de carbon și să-l pompeze în cilindrul gradat, deschizînd cealaltă pensă. Se va acorda o atenție deosebită manevrării penselor spre a se evita aspirarea de soluție caustică (NaOH) din vasul absorbant și spre a se asigura reținerea în această soluție a întregii cantități de CO_2 expirat. Se constată că, subiectul simte în scurt timp că „nu mai are aer". Atunci (la sfîrșitul unei expirații) se închid ambele pense de pe tuburile de cauciuc și se scoate din gura subiectului tubul Y. Se observă că în cursul experienței a pătruns o cantitate oarecare de apă în cilindru, care a înlocuit partea de aer „consumat". Faptul este adevărat dacă s-a avut grijă ca volumele de aer inspirat și expirat să fie aproximativ egale. Apoi se demonstrează că partea din aer consumat era reprezentată de oxigen. Ridicînd încet cilindrul și introducînd în el o lumînare aprinsă se constată că flacăra acesteia pălește și se stinge imediat din cauza lipsei de oxigen, care a fost consumat.

● Demonstrația consumului de oxigen se mai poate face simplu și concludent după cum urmează : se ia un cilindru de 1 l. Se lipește în lungul lui o bandă de hîrtie care a fost, în prealabil, gradată (fig. 108). Se parafinează hîrtia. Se pregătește un dop de plută avînd diametrul ceva mai mic decît al gurii cilindrului. Se lipește pe dop, la mijloc, un capăt de lumînare. Se ia un castron cu apă și se așază pe suprafața acesteia dopul cu lumînarea aprinsă. Se acoperă cu cilindrul gradat și se observă că, după cîteva secunde, flacăra pălește și apoi se stinge. În acest timp (circa 20—30 s) se urcă apă în interiorul cilindrului. Volumul de apă ne indică volumul de aer înlocuit (circa 1/5).

După aceasta se ridică cilindrul și se aerează bine de tot, apoi se

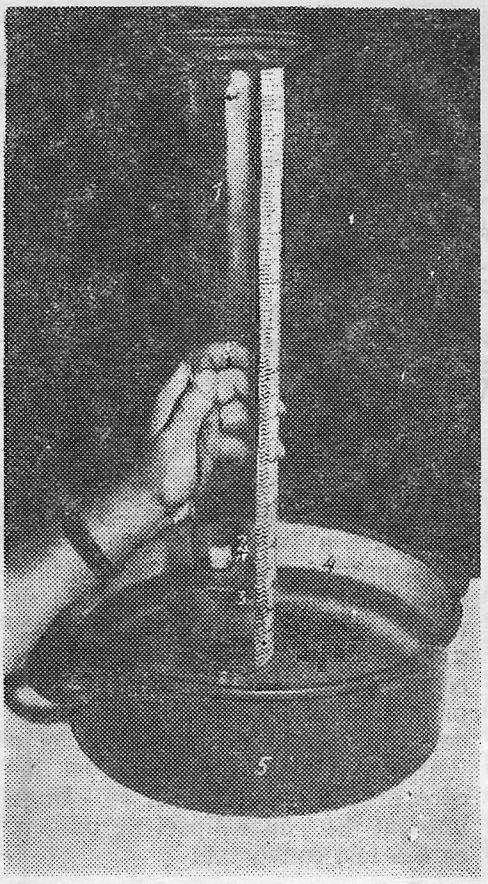


Fig. 108.

Demonstrarea consumului de O_2 din aer prin arderea unei lumînări :

1 – cilindru gradat ;
2 – lumînare ;
3 – dop de plută, așezat la suprafața apei (*4*) ;
5 – vas.

întoarce cu gura în jos și se cufundă în castronașul cu apă. Se introduce în el un tub de cauciuc al cărui capăt să ajungă pînă la jumătatea cilindrului. Prin celălalt capăt al tubului se inspiră și se expiră, avînd nasul prins cu degetele sau cu o pensă de rufe. Cînd subiectul simte că nu mai poate respira, face o expirație forțată spre a scoate toată apa din cilindru și apoi trage repede tubul de cauciuc. Se aprinde lumînarea de pe dopul de plută și se introduce în gura cilindrului (care a rămas în poziție inițială). Se constată că de data aceasta flacăra se stinge imediat, ceea ce dovedește că în aerul din cilindru nu se mai găsește oxigen.

În acest fel se demonstrează că oxigenul dintr-un litru de aer (circa 200 ml) este consumat de un om foarte repede (circa 1—2 min).

Măsurarea capacității vitale

Sub denumirea de „capacitate vitală" se înțelege cantitatea maximă de aer pe care o poate expira o persoană la sfîrșitul unei inspirații forțate. Măsurarea capacității vitale se face cu spirometrul (fig. 109, A). Dacă școala nu posedă acest aparat se poate improviza ceva similar cu care se fac totuși determinări precise (fig. 109, B). În mod normal capacitatea vitală este 70% din capacitatea totală a plămînului, aerul rezidual fiind de circa 25—30%.

Material necesar : o sticlă mare cu o capacitate de aproximativ 5 litri, un lighean, un tub de cauciuc, două stinghii de lemn, un inel metalic.

Mod de lucru ● Se gradează sticla din sfert în sfert de litru și se înscriu aceste capacități pe o bandă de hîrtie albă lipită pe generatoarea sticlei. Se așază ligheanul pe masă, în el se pune castronul plin cu apă. Pe gura castronului se așază două stinghii de lemn ca

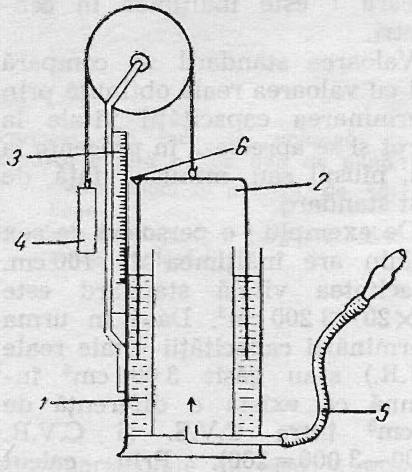


Fig. 109.

A. Spirometru :

1 – vas cu apă ;
2 – clopot metalic ;
3 – riglă gradată ;
4 – contragreutate pentru echilibrarea clopotului ;
5 – tub de cauciuc care se adaptează la cavitatea bucală ;
6 – indicator.

grinzile unui pod. Sticla se umple cu apă ; i se pune la gît un inel potrivit de la plita maşinii de gătit. Se aplică palma peste gura sticlei. Acum sticla se întoarce cu gura în jos. Se aranjează inelul metalic pe stinghii, astfel ca să se poată menţine sticla în poziţie verticală (figura 110, B).

Se introduce acum un capăt al tubului de cauciuc în gîtul sticlei, iar celălalt capăt este pensat şi se ţine ridicat în sus. Subiectul — un elev — trebuie să facă o inspiraţie profundă, maximă, apoi să se ţină cu degetele de nas, iar pe gură să expire forţat prin tubul de cauciuc căruia i s-a ridicat pensa. Aerul expirat pătrunde prin tubul de cauciuc în sticlă şi dislocă un volum de apă egal cu volumul aerului expirat, care se evaluează citind gradaţile de pe linia gradată. Valoarea acestui volum de aer care a dislocuit apa reprezintă capacitatea vitală, care însumează aerul respirator curent + aerul inspirator de rezervă sau complementar + aerul expirator de rezervă, ale căror măsurători se pot face separat, cu aceeaşi metodă. Se va reaminti şi despre existenţa aerului rezidual care nu poate fi eliminat nici prin cea mai profundă expiraţie decît parţial numai la deschiderea cavităţii toracice.

Capacitatea vitală variază în funcţie de talie, gradul de dezvoltare al aparatului respirator, sex,

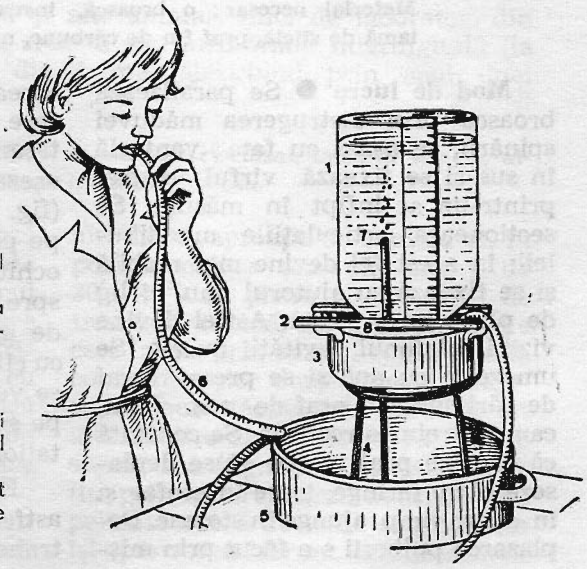


Fig. 110.

B. Spirometru improvizat :

1 – vas de sticlă cu capacitate de cel puţin 5 l ;
2 – stinghii de lemn pentru sprijinirea inelului metalic prin care trece gîtul sticlei ;
3 – castron cu apă ;
4 – trepied ;
5 – castron mare pentru captarea apei expulzate de aerul expirat în vasul de sticlă ;
6 – tub de cauciuc prin al cărui capăt (7) pătrunde aerul în vasul de sticlă ;
8 – inel metalic.

antrenamentul realizat prin exerciţii de respiraţie. Determinarea sa prezintă un real interes practic, deoarece rezistenţa organismului la diferitele activităţi fizice şi în special cele sportive este condiţionată de o capacitate vitală normală.

Dăm mai jos o formulă, aceea a fiziologului West, după care se calculează capacitatea vitală standard (C.V.S.) pe care trebuie să o aibă o persoană în funcţie de înălţime şi sex :

— pentru femei C.V. = $= I \times 20$;

— pentru bărbaţi C.V. = $= I \times 25$;

— pentru atleţi C.V. = $= I \times 29$,

în care I este înălţimea în centimetri.

Valoarea standard se compară apoi cu valoarea reală obţinută prin determinarea capacităţii vitale la aparat şi se apreciază în procente la sută, plusul sau minusul faţă de acest standard.

De exemplu : o persoană de sex feminin are înălţimea de 160 cm. Capacitatea vitală standard este $160 \times 20 = 3\,200$ cm^3. Dacă în urma determinării capacităţii vitale reale (C.V.R.) s-au găsit 3 000 cm^3 înseamnă că există o diferenţă de 200 cm^3 între C.V.S. şi C.V.R. (3 200—3 000 = 200). Prin calcul se stabileşte în procente % minusul de 6,6 %.

Demonstrarea autoepurării de praf a căilor respiratorii

Particulele de praf intrate odată cu aerul inspirat sînt reţinute de mucusul secretat de celulele mucigene din epiteliul căilor respiratorii. Cilii vibratili ai celulelor din acelaşi epiteliu, prin mişcările lor neîntrerupte, transportă mucusul cu particulele de praf, înapoi, spre orificiile externe ale căilor respiratorii. Se poate demonstra uşor această deplasare a particulelor folosind un preparat de mucoasă bucală de broască.

Material necesar : o broască, instrumente de disecţie, ser fiziologic, lamă de sticlă, praf fin de cărbune, microscop.

Mod de lucru ● Se paralizează broasca prin distrugerea măduvei spinării, se aşază cu faţa ventrală în sus şi se fixează vîrful rostral printr-un ac înfipt în măsuţă. Se secţionează articulaţiile mandibulei ; în acest fel devine mai mobilă şi se fixează cu ajutorul unui cîrlig de planşeta de plută. Astfel devine vizibil plafonul cavităţii bucale. Se umezeşte cu apă şi se presară praf de cărbune sau praf de tuş uscat, cam în treimea rostrală. Se constată că dîra de praf începe să se deplaseze către faringe, trece în esofag şi în scurt timp ajunge în stomac. Deplasarea pulberii s-a făcut prin mişcarea cililor. Verificarea se poate face şi pe mucoasa izolată, prin detaşarea ei de pe plafonul bucal şi aşezarea ei pe o lamă de sticlă (fig. 111). Presărînd praf de cărbune pe porţiunea rostrală se observă cu ochiul liber înaintarea dîrei de praf spre porţiunea caudală. Dacă bucata de mucoasă este aşezată pe lamă, cu cilii în jos sau dacă înclinăm lama se vede cum mucoasa se deplasează pe suprafaţa lamei, chiar antigravitaţional.

Elevii vor putea să se convingă astfel de rolul cililor mucoasei traheale şi forţa lor de a deplasa

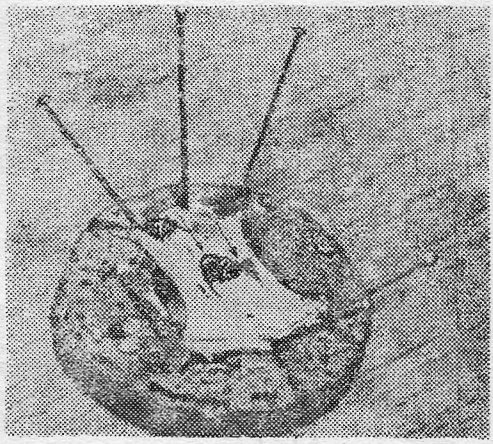


Fig. 111.

Porțiune din mucoasa palatină de broască întinsă pe un dop de plută :

1 — nivelul inițial al pulberii de cărbune ;

2 — faza de deplasare (săgețile indică sensul deplasării).

microparticulele de praf și mucus. În condiții patologice — în bronșite — se produce o imobilitate a acestora, autoepurarea nu mai poate avea loc și atunci apare nevoia de a le expulza forțat, prin expirație forțată (tuse însoțită de expectorații). Trebuie să se atragă atenția însă că, pe cînd în căile digestive deplasarea particulelor se face de la exterior către interior, în căile respiratorii, sensul deplasării este inversat.

C. SÎNGELE

1. Observarea elementelor figurate

Pentru studiul morfologic al elementelor figurate ale sîngelui se fac frotiuri pe lame și se cercetează la microscop.

Recoltarea sîngelui pentru efectuarea unui frotiu se face la om din pulpa degetului. La iepure, cobai și alte animale mici de laborator, din pavilionul urechii, la păsări, din creastă sau membrana interdigitală (la palmipede), la broască, direct din inimă, absorbind prin acul unei seringi.

Material necesar : vată, alcool și eter, ac sterilizat, lame și lamele, albastru de metil și soluția May-Grünwald-Giemsa.

Mod de lucru ● Se dezinfectează pulpa unui deget cu tampon de vată îmbibat în alcool și eter. Cu acul sterilizat prin flambare sau fierbere 30 min se face o înțepătură. Primele picături de sînge se șterg cu tamponul de vată, apoi se aplică marginea șlefuită a unei lame de sticlă lîngă picătura de sînge, care aderă de marginea lamei.

Se așază marginea șlefuită cu picătura de sînge pe suprafața unei alte lame, aproape de capătul ei, în poziție oblică (cu un unghi de 30°—40°) și printr-o mișcare de translație rapidă, dar ușoară, sîngele este întins prin spațiul capilar de la contactul celor două lame. Întinderea trebuie făcută într-un strat cît mai subțire ca globulele să nu se suprapună (fig. 112). Se usucă frotiul prin agitarea lamei în aer ; astfel pelicula aderă de lamă și globulele își păstrează forma. Fixarea mai

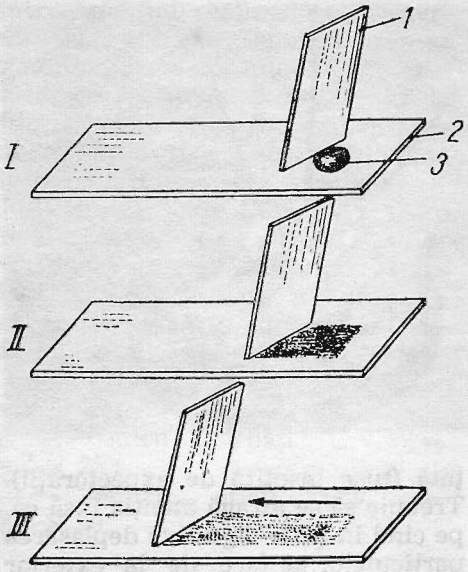


Fig. 112.

A – Stadii succesive de întindere a unui frotiu de sînge (I, II, III) :
1 și *2* – lame de sticlă ;
3 – picătură de sînge.

bună se face cu amestec de alcool și eter în părți egale din care se pun deasupra peliculei de sînge cîteva picături și se lasă timp de 15—20 min.

Urmează colorarea. Cea mai simplă colorare se face cu soluție de albastru de metil (1%). O colorare mai bună se obține folosind coloranți specifici, cum este soluția May-Grünwald-Giemsa. Cu cîteva picături din soluție se acoperă lama, se țin pe preparat 2—3 min, apoi se spală cu apă curată la robinet, se șterge lama pe fața ei inferioară, se lasă să se usuce în suport, se privește la microscop, de preferință cu obiectivul de imersie.

Este bine să se facă două preparate, unul cu sînge de om sau alt mamifer, și altul cu sînge de broască sau alt vertebrat, la care celulele roșii sînt nucleate și de forme diferite și astfel să se studieze comparativ. În cîmpul microscopic, eritrocitele de om apar de forma unor discuri biconcave, anu-

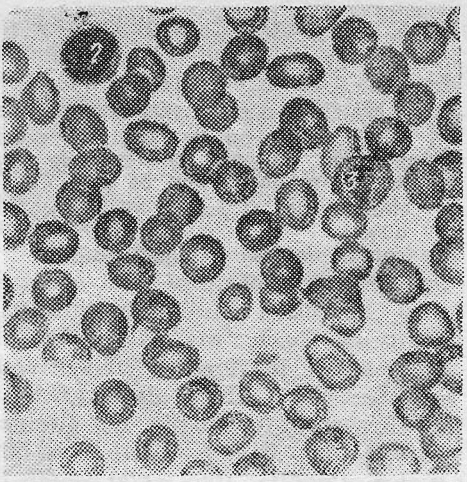


Fig. 113.

B – Frotiu de sînge de om ;
1 – hematie ;
2, 3, 4 – diferite tipuri de leucocite.

cleate, cele de broască de formă eliptică, biconvexe, nucleate (figura 113 și 114).

Leucocitele sînt mai puține, mai mari, cu contur neregulat și nucleu colorat în mov. Se vor identifica diferitele feluri de leucocite, după aspectul nucleului.

● Se pot obține preparate bogate în leucocite în modul următor : se injectează în sacii limfatici dorsali ai unei broaște o suspensie concentrată de carmin. După cîteva ore se secționează tegumentul cu

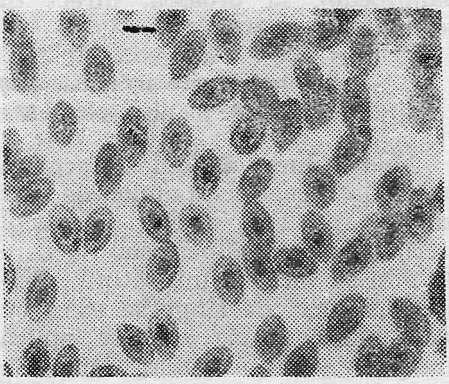


Fig. 114.

C – Frotiu de sînge de broască (se văd hematiile de formă ovoidală și nucleate).

un foarfece și se recoltează limfa din saci, cu o seringă. Se pune o picătură pe lamă, se încadrează cu vaselină și se aplică lamela. Se realizează astfel o „cameră umedă" în care se poate păstra cîtva timp limfa. Se fac observații la microscop și se văd leucocitele a căror citoplasmă este plină cu granule de carmin. A fost pusă în evidență astfel și acțiunea fagocitară a leucocitelor.

2. Hemostaza

În condiții nefavorabile pot să se producă traumatisme cu ruperea vaselor de sînge și, în consecință, extravazarea sîngelui sau hemoragia. Mecanisme complexe împiedică hemoragia asigurînd hemostaza. În procesul de hemostază participă și colaborează vasele de sînge din țesutul traumatizat, trombocitele și factorii plasmatici de coagulare.

Coagularea sîngelui

În interiorul vaselor, sîngele nu coagulează decît în cazuri patologice. El coagulează cînd este extravazat.

Mod de lucru ● *In vitro* poate fi pusă în evidență coagularea sîngelui astfel : se recoltează 5—10 ml sînge cu seringa dintr-o venă și se introduce într-o eprubetă. În scurt timp se formează un coagul de culoare roșie și de forma vasului prin transformarea fibrinogenului din starea de hidrosol în filamente de fibrină orientate în rețea, avînd în ochiurile sale incluse hematiile. Lăsat în repaus, coagulul se retractă, devine mai mic și expulzează un lichid ușor gălbui, care este serul. În ser sînt solvite toate componentele sanguine, cu excepția fibrinogenului și a elementelor figurate (**planșa X**). Dacă coagulul este pus sub un torent de apă, hematiile se lizează, sînt îndepărtate, și coagulul devine alb.

Dacă sîngele, imediat după recoltare, este agitat cu baghete de sticlă sau sîrmă, coagulul care se formează se prinde de acestea, rămîne serul și elementele figurate. Acesta este denumit sînge defibrinat.

Dacă în sîngele recoltat se introduce un anticoagulant, sîngele se menține în stare lichidă timp îndelungat, însă cu timpul, la fundul vasului, se depun hematiile (45%) și deasupra lichidul este gălbui opalescent — plasma (55%). Din plasma separată se poate obține coagul de culoare albă care în timp expulzează serul.

● Coagularea este condiționată de factori plasmatici și trombocitari și de prezența ionilor de Ca^{++}.

Demonstrăm rolul ionilor de Ca^{++} în procesul de coagulare prin blocarea acestora cu oxalat, citrat sau fluorură de sodiu, cînd se formează respectivele săruri de Ca. Se lasă sîngele în repaus ; după sedimentarea hematiilor se separă plasma și se adaugă soluție de $CaCl_2$; plasma coagulează.

Concluzie

1. *Sîngele defibrinat* este sînge fără fibrinogen ; 2. *serul sanguin* este sînge fără hematii și fără fibrinogen ; 3. *plasma* este sînge fără hematii.

Determinarea timpului de coagulare prin metoda picăturilor

Timpul de coagulare variază în raport cu numeroşi factori.

Mod de lucru ● Pentru stabilirea lui se foloseşte sîngele extras din vene sau provenit din înţeparea pulpei degetului, de preferat degetul median stîng.

Pe două lame uscate şi curate se pune cîte o picătură de sînge, care se scurge din pulpa degetului după o prealabilă înţepare cu un ac flambat. Se şterge tegumentul cu alcool şi apoi cu eter, pentru ca picătura ce se formează să nu se întindă pe piele. Se înţeapă cu vîrful acului şi se lasă să cadă picătura de sînge pe lamă, notîndu-se timpul din acest moment pînă la formarea coagulului. Se acoperă cu un pahar pentru a evita deshidratarea ; din minut în minut se înclină lama pentru a constata dacă picătura de sînge s-a coagulat. Cînd lama poate fi ţinută vertical şi picătura nu-şi modifică convexitatea, notăm timpul cît a trecut. Se calculează media timpului necesar coagulării sîngelui pe cele două lame. Timpul de coagulare la om, în condiţii normale, este între 2—6 min. Un timp mai mare sau mai mic de coagulare are semnificaţie patologică.

Timpul de sîngerare

Pe lîngă procesul de coagulare, în oprirea unei hemoragii intervin şi fenomenele de vasoconstricţie, care scurtează durata de scurgere a sîngelui la locul unde se produce ruperea vaselor. Valoarea timpului de sîngerare se apreciază astfel :

Material necesar : ac steril, vată, alcool, hîrtie de filtru, cronometru.

Mod de lucru ● După dezinfectarea şi uscarea tegumentului, se înţeapă lobul urechii sau pulpa degetului cu acul steril pînă la 3—4 mm adîncime. Se absorb, cu hîrtia de filtru, din 30 în 30 s picăturile de sînge care ies spontan, fără nici o manevră de presiune. Se cronometrează timpul din momentul înţepării, pînă cînd hîrtia de filtru nu se mai păteză de sînge. În mod normal, sîngerarea se opreşte după 2—4 min ; timpii mai mari de 5 min indică stări patologice.

Suprimarea procesului de coagulare a sîngelui in vitro

Coagularea sîngelui scos din vase poate fi împiedicată prin procedee foarte simple, utilizate la staţiile de recoltarea şi conservarea sîngelui necesar pentru transfuzii. În principiu, coagularea se împiedică prin precipitarea ionilor de Ca^{++} care au rol catalitic, cu oxalat de sodiu, citrat de sodiu, fluorură de sodiu etc.

Material necesar : eprubete, seringă cu ac sterilizat, alcool, eter, vată, soluţie de oxalat de sodiu 1% în soluţie izotonică de NaCl (0,9%).

Mod de lucru ● După dezinfectarea locului puncţiei venoase se recoltează 10 cm sînge într-o seringă, apoi acesta este introdus în două eprubete (spălate, degresate, uscate). Într-una din eprubete se introduce în prealabil 0,1 cm soluţie de oxalat de sodiu 1% pentru fie-

care ml sînge. Eprubeta cu anticoagulant se agită uşor pentru ca sîngele să se poată amesteca bine cu soluţia de oxalat de sodiu. După 10 minute se constată că sîngele oxalatat nu a coagulat pe cînd cel neoxalatat a coagulat. În acesta, după 60 min, se produce retracţia coagulului şi expulzarea serului. Lăsînd liniştit sîngele din eprubeta cu anticoagulant se constată că se produce depunerea elementelor figurate, la fundul eprubetei, iar la suprafaţă rămîne un lichid opalescent — plasma sanguină. Dacă se separă 2 ml plasmă şi la aceasta se adaugă 0,5 ml soluţie de $CaCl_2$ 0,5% se produce coagularea plasmei; coagulul aderă de eprubetă şi are culoarea albă.

3. Fracţiunile proteinelor plasmatice

Proteinele plasmatice sînt alcătuite din fracţiunea fibrinogenică, fracţiunea albuminică şi fracţiunea globulinică. Proteinele plasmatice sînt compuşi macromoleculari cu rol în menţinerea presiunii coloidosmotice, rol de transport şi hemostază. Valoarea lor normală este de 7—8 g %.

Punerea în evidenţă a fibrinogenului

Material necesar: se folosesc cele două eprubete din experienţa precedentă.

Mod de lucru ● Din eprubeta în care sîngele a coagulat se aspiră cu o pipetă puţin ser şi se trece într-o eprubetă curată. Într-o altă eprubetă curată se introduce puţină plasmă, prelevată în acelaşi mod, din eprubetă cu sînge oxalatat (fig. 115). Se adaugă apoi, în fiecare din cele două eprubete noi, cîteva picături dintr-o soluţie de $CaCl_2$, 0,5%. Se constată că are loc coagularea numai în eprubeta cu plasmă. S-a demonstrat că în plasmă este prezent un factor care lipseşte însă în ser — fibrinogenul; acesta prin recalcifiere, deci numai în prezenţa ionilor Ca din $CaCl_2$, precipită sub formă de fibrină.

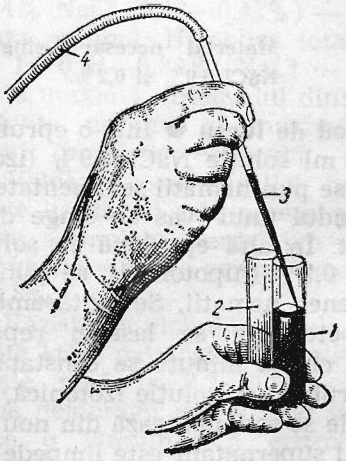


Fig. 115.
Separarea plasmei:
1 — eprubetă cu sînge;
2 — eprubetă pentru transvazarea plasmei;
3 — pipetă efilată de sticlă pentru separarea plasmei;
4 — tub de cauciuc prin care se aspiră plasma.

Punerea în evidență a serumalbuminelor și serumglobulinelor din sînge

Serumalbuminele și *serumglobulinele* sînt proteine care nu coagulează, dar care sînt solubile în ser.

Mod de lucru ● Se iau într-o eprubetă circa 5—6 ml ser și se tratează cu o soluție concentrată sau chiar cu cristale de sulfat de amoniu. Se formează un precipitat abundent format din serumalbumine.

● Se separă prin filtrare serumalbuminele precipitate în experiența precedentă, iar filtratului i se adaugă cristale de sulfat de magneziu. Se produce o nouă precipitare, de data asta mai slabă ; noul precipitat este format din serumglobuline.

4. Evidențierea clorurilor din serul sanguin

În sînge NaCl se găsește într-o concentrație de 9 g‰, de aceea are un pronunțat gust sărat.

Mod de lucru ● Se iau 2 ml ser (conține NaCl) și se diluează cu 5 ml apă distilată. Se adaugă cîteva picături dintr-o soluție proaspătă de nitrat de argint. Se produce un precipitat de clorură de argint : $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NaNO_3$. Precipitatul este la început alb, dar în contact cu lumina se colorează la început în cenușiu, apoi în negru.

Rezistența osmotică a eritrocitelor — hemoliza

Hematiile introduse într-o soluție hipertonică se zbîrcesc din cauza pierderii de apă. Introduse într-o soluție hipotonică, hematiile absorb apă, se umflă devenind turgescente. Membrana se rupe din cauză că nu rezistă la forța internă excentrică ce apasă pe suprafața sa internă. Este procesul de liză, respectiv hemoliză.

Material necesar : sînge proaspăt defribinat, eprubete, soluție de NaCl 0,9% și 0,2%.

Mod de lucru ● Într-o eprubetă cu 10 ml soluție NaCl 0,9% (izotonică) se pun hematii sedimentate de la fundul unui vas cu sînge defibrinat. În altă eprubetă cu soluție NaCl 0,2% (hipotonică) se pun de asemenea hematii. Se agită ambele eprubete, apoi se lasă în repaus. După cîteva minute se constată că în eprubeta cu soluție izotonică, hematiile se sedimentează din nou (lichidul supernatant este limpede) pe cînd, în eprubeta cu soluție hipotonică, globulele nu se mai văd, s-au distrus, hemoglobina a difuzat în soluția care s-a colorat în roșu aprins și a devenit transparentă, strălucitoare.

● Hemoliza se poate observa la microscop astfel : se fac două frotiuri de sînge și se observă pe rînd la microscop. Pe prima lamă aplicăm o picătură de ser fiziologic și constatăm menținerea integrității

hematiilor ; pe lama a doua, în timp ce o observăm la microscop, se pune o picătură de apă și se constată că pe măsură ce apa cuprinde suprafața lamei, hematiile dispar.

Datorită faptului că soluția de 0,9% NaCl este izotonică plasmei și menține integritatea hematiilor a fost denumită ser fiziologic și se întrebuințează în solubilizarea unor medicamente care se introduc în corp prin injecții.

Este bine să se spună elevilor că în organismul uman concentrația salină a plasmei este menținută la nivel constant, datorită eliminării permanente a apei și sărurilor în exces, prin rinichi și tegumente.

Determinarea rezistenței globulare

Intensitatea procesului de hemoliză depinde de rezistența membranei hematiei. Aceasta se poate determina astfel :

Material necesar : două biurete gradate în 1/10 cm^3 având fiecare capacitatea de 50 cm^3, soluție de NaCl 10‰, mai multe eprubete (cel puțin 22), stative pentru eprubete, apă distilată, sînge defibrinat.

Mod de lucru ● Se numerotează 11 eprubete : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. O biuretă se umple cu soluția de 10‰ NaCl, cealaltă cu apă distilată. În fiecare din cele 11 eprubete se pune amestec din soluția de NaCl 10‰ și apă distilată, în cantitățile indicate în tabelul de mai jos :

Nr. eprubetei	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Na Cl 10‰ în cm	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Apă distilată în cm^3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Se amestecă bine conținutul fiecărei eprubete și se adaugă în fiecare două picături de sînge defibrinat. Se lasă în stativ. După 30 min se observă că în eprubetele din stînga soluția a rămas tulbure, pe cînd în cele din dreapta, ea a devenit transparentă și s-a colorat în roșu din cauza hemolizei.

După 1—2 ore, în eprubetele din stînga, globulele încep să se depună și lichidul supernatant rămîne incolor. În eprubetele din dreapta, lichidul rămîne mereu colorat în roșu, iar în eprubetele de la mijloc (5, 4, 3) se produce și depunere de globule, și colorarea lichidului de deasupra (hemolizează numai hematiile mai bătrîne).

Prima eprubetă în care apare culoarea roz (eprubeta 5) are soluție cu concentrație hemolizantă limită. Concentrația sa corespunde valorii de rezistență globulară. În mod normal începutul hemolizei este la 0,44% NaCl (0,46—0,42%) — rezistența minimă. Hemoliza totală are loc la 0,34—0,30% NaCl — rezistența maximă. Intervalul dintre rezistența minimă și maximă este numit *limită de rezistență.*

Valoarea concentrației hemolizante limită nu este aceeași pentru toate animalele : pentru om = 4,5‰, pentru cal = 5,8‰, pentru broască = = 3,8‰.

Rezistența globulară scade în diferite stări patologice hemolitice și crește pînă la 0,3—0,26% NaCl, după hemoragii acute, cînd se produce o înmulțire a eritrocitelor tinere.

Hemoglobina

Hemoglobina, cromoproteidă cu rol în transportul gazelor respiratorii, este inclusă în ochiurile rețelei ce formează stroma globulară a eritrocitului. Molecula sa este alcătuită din globină și o grupare prostetică ce conține Fe^{2+}, numită hem. Structura moleculei de globină este caracteristică speciei la care aparține sîngele și a cărui hemoglobină se studiază. Gruparea prostetică are o structură nespecifică, fiind aceeași la toate animalele.

Hemoglobina se găsește sub formă solvită direct în sîngele nevertebratelor, iar la vertebrate, ca un salt salitativ, este inclusă în interiorul celulelor. Studiul hemoglobinei se face prin metode spectrale, metoda cristalizării hemoglobinei și măsurarea cantitativă a hemoglobinei la 100 ml sînge.

Cristalizarea oxihemoglobinei

Material necesar : sînge defibrinat, alcool, eter sau benzen, pipetă efilată, lame și lamele, microscop, cristalizor mic.

Mod de lucru ● Cîteva picături de sînge defibrinat se pun într-o eprubetă de hemoliză și se adaugă 0,5 cm^3 eter sau benzen pentru a provoca hemoliza. Se agită prin înclinarea eprubetei timp de cîteva minute, apoi se înclină mai mult eprubeta ca să se mărească pelicula de lichid. Se astupă eprubeta pentru a evita evaporarea, în timp ce se produce hemoliza și apoi cristalizarea hemoglobinei. Se ține la temperatura camerei.

Cu pipeta se scot cristalele din fundul vasului, se pun pe lamă, se acoperă și se privește la microscop. Forma cristalelor este diferită datorită structurii specifice a globinei ce intră în alcătuirea hemoglobinei : la om au forma de prisme alungite, la cal sînt paralelipipedice, la cobai, tetraedrice. Metoda este laborioasă și de durată.

Obținerea cristalelor de oxihemoglobină din sîngele de cobai

Oxihemoglobina din sîngele de cobai cristalizează în timpul cel mai scurt, circa 30 min, de aceea o recomandăm.

Material necesar : un cobai, lanțetă sau un instrument de incizie, lame și lamele, benzol și vată, balsam de Canada, microscop.

Mod de lucru ● În prealabil se tamponează pavilionul urechii cobaiului cu benzol care, pe lîngă rolul dezinfectant, are și pe acela de vasodilatator. Cu lanțeta sau vîrful bisturiului se face o incizie. Se ia pe lamă o picătură de sînge și se înconjură cu un inel din balsam de Canada, apoi se acoperă cu lamela.

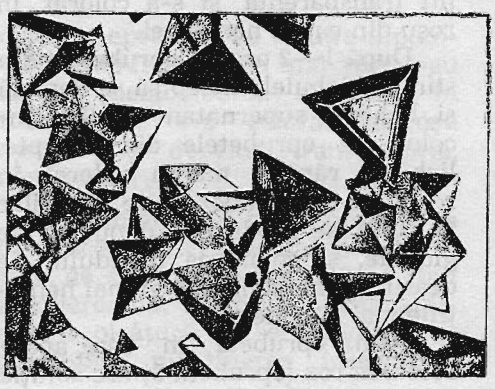


Fig. 116.
Cristale de oxihemoglobină de cobai.

În spațiul închis dintre lamă și lamelă sub acțiunea solventului balsamului se produce hemoliza și apoi are loc cristalizarea hemoglobinei.

După 20 min se văd la microscop cristale caracteristice tetraedrice, de culoare rubinie (fig. 116). Dacă hematiile nu sînt lizate și hemoglobina nu a fost eliberată prin degradarea membranei eritrocitelor nu se formează cristale de oxihemoglobină.

Evidențierea fierului din sînge

Material necesar : hematii sedimentate, capsulă de porțelan, sursă de căldură, acid clorhidric în soluție de 10%, ferocianură de potasiu în soluție de 1%, pipete Pasteur.

Mod de lucru ● Cu pipeta se introduc într-o capsulă de porțelan 5 ml hematii sedimentate, se lasă să se usuce printr-o încălzire ușoară și apoi se incinerează la un foc viu pentru a se distruge substanțele organice. Se obține o cenușă de culoare brună. După răcire se adaugă peste cenușă cîteva picături de HCl 10%, care dizolvă substanțele minerale. Se încălzește încet pentru a oxida fierul apoi se diluează cu 2—3 ml de apă. Se filtrează. În filtrat se adaugă cîteva picături din soluția de ferocianură de potasiu și se constată că apare o colorație albastră caracteristică (albastru de Berlin).

Cristalizarea grupului prostetic al hemoglobinei (cristalele lui Teichmann)

Gruparea prostetică din moleculele de hemoglobină poate fi cristalizată. Hemoglobina tratată cu un acid mineral sau organic se disociază în globină și hematină, care posedă un atom de Fe^{3+}. În prezența ionilor de Cl^-, hematina dă un clorhidrat — clorhemina — ce cristalizează în prisme rombice brun-violacee (cristalele lui Teichmann).

Material necesar : sînge, cristale de NaCl, acid acetic, glacial, lame și lamele, sursă de căldură, microscop.

Mod de lucru ● Se pune o picătură de sînge pe lamă. Se adaugă puțină pulbere fină de NaCl și cîteva picături de acid acetic glacial ; se acoperă cu lamela. Se încălzește foarte ușor pînă se formează bule de NaCl. Apare o colorație violaceebrună. La microscop (ob. 5 sau 8 — ocular 2) se observă cristale rombice, izolate sau grupate, care sînt mai abundente pe marginile preparatului (fig. 117). Sînt cristalele lui Teichmann. Reacțiile ce s-au petrecut sînt următoarele :

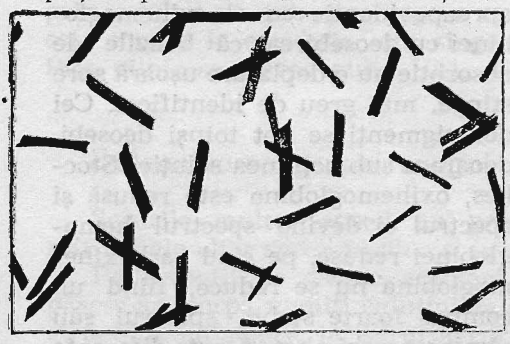


Fig. 117.

Cristale de clorhemină (cristalele lui Teichmann).

1. $CH_3—COOH + NaCl \rightarrow$
acid acetic

$\rightarrow CH_3\,COONa + HCl$
acetat de sodiu

2. Sub acțiunea HCl rezultat, hemoglobina se transformă în globină și hem, iar hemul dă, împreună cu HCl, clorhemina care cristalizează.

Studiul spectroscopic al hemoglobinei și derivaților ei

Hemoglobina și derivații ei au proprietatea de a absorbi anumite radiații din spectrul luminii albe, în locul cărora apar benzi întunecate caracteristice. Cu spectroscopul școlar pot fi studiate spectrele de absorbție ale hemoglobinei, oxihemoglobinei, methemoglobinei, carboxihemoglobinei.

Material necesar : spectroscop de mînă cu viziune directă (luneta cu lentila și prisma în care se descompune lumina sînt cuprinse în tubul colimator), eprubetă mică de hemoliză, sursă de lumină, sînge hemolizat, pahare, soluție Stockes, ferocianură de potasiu, gaz aerian.

Mod de lucru ● Se prepară sînge hemolizat (cîteva picături de sînge în 50 ml apă distilată). Acesta servește ca material de cercetat pentru următoarele experiențe :

Spectrul oxihemoglobinei

● 5 cm^3 din soluția de sînge hemolizat se pun în eprubeta de hemoliză, care se situează între sursa de lumină și fanta tubului colimator. Spectrul de absorbție al oxihemoglobinei are două benzi de absorbție situate în galben și verde. Cînd soluția este prea concentrată, cele două benzi tind să se contopească într-una singură și nu se remarcă corect spectrul de absorbție caracteristic. În acest caz se mai diluează soluția de oxihemoglobină cu apă.

Spectrul hemoglobinei

● Pentru a avea o soluție de hemoglobină redusă se adaugă soluției de sînge hemolizat cîteva picături din soluția Stockes (alcătuită din 3 g acid tartric, 2 g sulfat feros, 100 ml apă distilată, la care se adaugă apoi amoniac pînă la neutralizare). În prezența soluției Stockes, oxihemoglobina este redusă și devine hemoglobină, care prezintă o singură bandă de absorbție mare de la galben la verde (fig. 118).

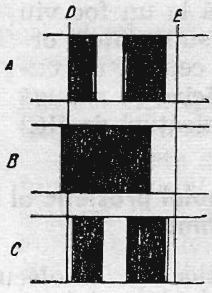


Fig. 118.
Spectre de absorbție ale soluțiile diluate de :
A – oxihemoglobină ;
B – hemoglobină ;
C – carboxihemoglobină ;
D – E – intervalul spectral galben-verde.

Spectrul carboxihemoglobinei

● În soluția de oxihemoglobină facem să barboteze 3—5 min gaz aerian (care conține CO). Hemoglobina, avînd o mare afinitate pentru CO (de 250—300 ori mai mare decît pentru O_2) se obține carboxihemoglobină. Spectrul acesteia este aproape identic cu al oxihemoglobinei cu deosebirea că benzile de absorbție au o deplasare ușoară spre stînga, mai greu de identificat. Cei doi pigmenți se pot totuși deosebi, deoarece sub acțiunea soluției Stockes, oxihemoglobina este redusă și spectrul ei devine spectrul hemoglobinei reduse, pe cînd carboxihemoglobina nu se reduce, fiind un compus foarte stabil, spectrul său rămîne neschimbat. Aceste diferențe spectrale și de reducere sînt utilizate pentru identificarea subiecților

care au murit prin intoxicare cu oxid de carbon, caracteristică sîngelui arterial.

Spectrul methemoglobinei

● În soluția de oxihemoglobină se adaugă un oxidant puternic, de pildă, ferocianură de potasiu (5—10 picături de soluție) sau clorat de potasiu, permanganat de potasiu. Hemoglobina oxidată în methemoglobină are patru benzi de absorbție : în roșu, galben, verde și albastru.

Labilitatea trecerii sîngelui arterial în sînge venos și invers

Material necesar : eprubetă, un dop perforat prin care trece un tub de colectare, $KMnO_4$, sursă de căldură, sînge oxalatat, $CaCO_3$, HCl, pîlnie, pipetă efilată.

Obținerea sîngelui arterial

Mod de lucru ● Se pun într-o eprubetă cristale de $KMnO_4$, substanță puternic oxidantă. Se închide eprubeta cu dopul prin care trece un tub de colectare, la capătul căruia se atașează o pipetă efilată care este introdusă într-o altă eprubetă cu sînge. Se încălzește eprubeta cu $KMnO_4$, se degajă oxigen care, barbotînd în sînge, oxigenează hemoglobina, sîngele devenind roșu-deschis — *sînge arterial.*

Obținerea sîngelui venos

Mod de lucru ● Într-o eprubetă se pun cîteva bucăți mici de $CaCO_3$. Se astupă cu un dop cu două orificii : printr-unul trece o pîlnie, prin celălalt un tub de culegere ce este condus în eprubeta cu sînge. Prin pîlnie se toarnă puțin HCl, se produce efervescență cu degajare de CO_2 care prin tubul de culegere barbotează în sînge. Acesta se colorează în roșu-închis, s-a format carbohemoglobina — *sînge venos.*

● Demonstrăm și mai ușor labilitatea cu care hemoglobina formează compuși cu O_2 sau CO_2 în felul următor : o eprubetă cu 2 ml sînge oxalatat este agitată ușor pentru a nu se forma spumă, întinzîndu-se pelicula de sînge pe pereții eprubetei. Din contactul cu O_2 din aer, acesta capătă culoarea roșie-deschis. Se suflă cu ajutorul unei pipete efilate, introdusă în eprubetă, aer provenit din expirația profundă ; se observă foarte repede cum culoarea sîngelui devine roșie-închis, caracteristică sîngelui venos. Se repetă de mai multe ori alternativa de oxigenare și reducere.

Determinarea grupei sanguine

Serurile multor specii au proprietatea de a aglutina și hemoliza eritrocitele altor specii *in vivo* și *in vitro.*

Pe hematii se găsesc antigeni, numiți aglutinogeni, iar în ser se găsesc anticorpi, numiți aglutinine. Nu toate eritrocitele umane au aceeași structură antigenică, iar serurile corespunzătoare diferă în ceea ce privește aglutininele. Deoarece fiecare subiect conține în serul său anticorpi împotriva antigenelor care nu există în eritrocitele sale, dar sînt în eritrocitele altor subiecți, este necesară o verificare a reacției de aglutinare

înaintea oricărei transfuzii. Reacțiile de aglutinare a hematiilor dintre antigeni și anticorpi se petrec numai în cazuri de incompatibilitate sanguină. Există 2 aglutinogeni notați *A* și *B* și 2 aglutinine însemnate cu α și β. În sîngele aceleiași persoane nu se găsesc aglutinogenul și aglutinina de același fel. O proprie aglutinare nu poate avea loc, deoarece plasma unei persoane conține întotdeauna aglutinina corespunzătoare aglutinogenului care se găsește pe hematiile altor persoane. Pe baza acestor observații, în 1901 Landsteiner a stabilit existența a patru grupe sanguine : *0* (I), *A* (II), *B* (III), *AB* (IV), care sînt denumite cu denumirea aglutinogenului și se identifică prin reacția ce se petrece la contactul dintre aglutinogenul ce se găsește pe hematii (*A, B, AB*) și aglutinina (α, β) (fig. 119).

Practica transfuziilor impune determinarea, în prealabil, a grupei sanguine a celor două persoane : donatorul și primitorul. Astfel se poate evita ca hematiile donatorului să fie aglutinate de aglutininele din plasma primitorului.

Determinarea grupei sanguine se poate face demonstrativ în școli și constă în determinarea aglutinogenilor din hematiile de cercetat.

Material necesar : serul hemotest, lame de sticlă, vată, alcool, ac sterilizat. Serurile hemotest se procură de la centrele județene de recoltare și conservare a sîngelui. În sticluțe diferite, etichetate, se pot obține :
serul hemotest 0 I — care conține ambele aglutinine α β.
serul hemotest A II — care conține aglutinina β.
serul hemotest B III — care conține aglutinina α.

Mod de lucru ● Pe lama de sticlă se pune succesiv, folosind pipete deosebite, cîte o picătură mare de ser hemotest, în ordinea următoare, de la stînga la dreapta : 0 (I), *A* (II), *B* (III).

Hemotestul este echivalent cu sîngele primitorului, iar picătura de sînge recoltată pentru identificarea grupei este echivalentă cu sîngele donatorului.

Se dezinfectează cu alcool pulpa degetului persoanei a cărei grupă sanguină vrem să o determinăm, se înțeapă cu acul sterilizat și se ia, în trei colțuri deosebite ale unei lame de sticlă, cîte o picătură de sînge, care se pune lîngă picătura de ser hemotest. Se amestecă ușor cele două picături (sînge și ser) cu colțul respectiv al lamei. Observarea aglutinării hematiilor se face după 2—3 min. Sînt posibile patru situații (v. fig. 119) ;

1 — dacă în toate cele trei picături de ser hemotest nu se produce nici o aglutinare, amestecurile rămînînd uniform colorate în roz, sîngele cercetat aparține grupei 0 (I) care are hematii fără aglutinogen ; aglutinarea nu are loc (fig. 119, *a*). Persoanele din această grupă sînt donatori universali și primesc sînge numai de la propria grupă ;

2 — dacă se produce aglutinare în serurile 0 (I) și *B* (III) și nu se produce aglutinare în serul *A* (II), sîngele de cercetat aparține grupei *A* (II) (fig. 119, *b*) ; care are pe hematii aglutinogen *A* ;

3 — dacă se produce aglutinare în serurile *0* (I) și *A* (II) și nu se produce în serul *B* (III), sîngele de cercetat aparține grupei *B* (III) (fig. 119, *c*), avînd pe hematii aglutinogen *B* ;

4 — dacă se produce aglutinare în toate serurile, atunci sîngele de cercetat aparține grupei *AB* (IV) (fig. 119, *d*), avînd pe hematiile sale ambii aglutinogeni *A* și *B*. Persoanele din această grupă sînt primitori universali.

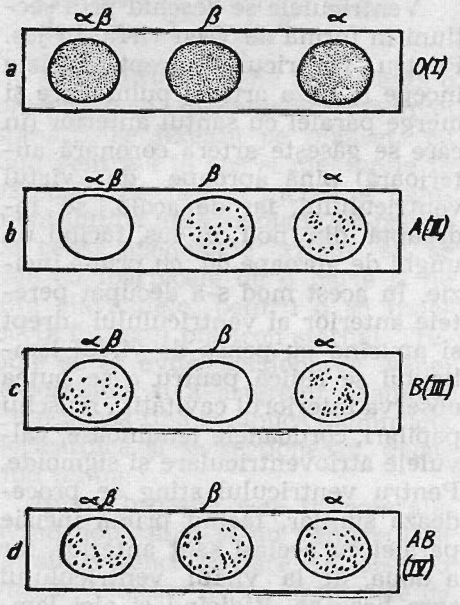


Fig. 119.
Modul de identificare a grupelor sanguine.

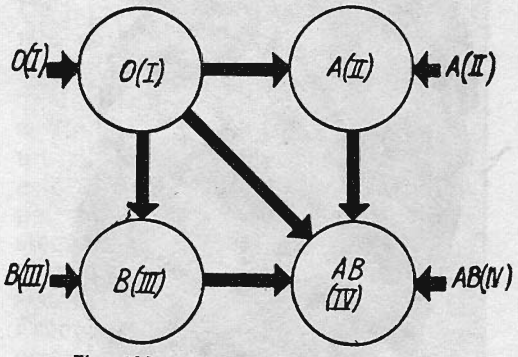


Fig. 120.
Schema transfuziilor posibile între diferite grupe sanguine.

Donatorii grupelor *A* (II) şi *B* (III) pot da sînge numai persoanelor din grupa lor — transfuzie izogrup (*A*, II şi respectiv *B*, III) ca şi primitorului universal, *AB* (IV) şi pot primi sînge numai de la persoanele din grupa lor şi de la donatorul universal 0 (I) (fig. 120).

D. SISTEMUL CIRCULATOR ŞI CIRCULAŢIA

Structura inimii

Prin disecţii putem observa componentele sistemului circulator în amplasamentul lor natural. Observaţii suficient de instructive se pot face şi pe organe proaspete aduse de la abator.

Material necesar : o inimă de viţel. de porc sau oaie (este necesar ca trunchiurile marilor vase să fie secţionate cît mai departe de inimă), trusă de disecţie, ser fiziologic pentru homeoterme, vată, alcool. Un iepure, cobai şi anestezice, masă de disecţie, microscop.

Mod de lucru ● Deschizînd cavitatea toracică se va putea vedea poziţia inimii şi raporturile sale cu organele din jur, direcţia axelor în raport cu planurile mediosagital şi frontal ale cavităţii toracice, forma, mărimea, seroasa pericardică cu cele două foiţe ale sale şi cavitatea pericardică.

Se vor putea observa şanţurile longitudinal şi transversal cu ramurile arterelor coronare. Se examinează părţile externe ale ventriculilor şi se compară cu descrierea din manual (fig. 121). Se trece apoi la secţionarea inimii deschizînd pe rînd fiecare cameră. Incizia atriului drept trebuie să meargă rectiliniu,

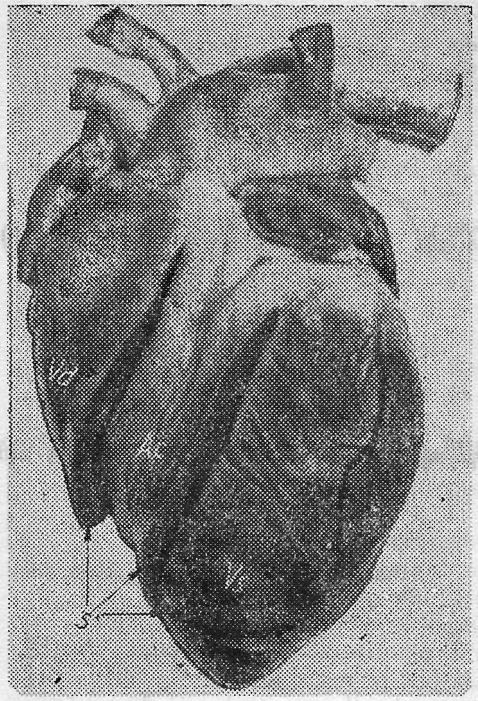


Fig. 121.

Inimă de viţel :

S — incizii pentru examinarea ventriculelor ;
Vd — ventriculul drept ;
Vs — ventriculul sting ;
Ac — artera coronară stîngă sau anterioară.

începînd de la mijlocul spaţiului dintre cele două vene cave, pînă la baza ventriculului corespunzător. Atriul stîng se deschide printr-o incizie care începe între rădăcinile drepte şi stîngi ale venelor pulmonare şi merge, de asemenea, pînă la baza ventriculului corespunzător.

Ventriculele se deschid prin secţiuni în formă de V cu vîrful în jos. Pentru ventriculul drept, incizia începe la baza arterei pulmonare şi merge paralel cu şanţul anterior (în care se găseşte artera coronară anterioară) pînă aproape de vîrful ventriculului, iar de acolo, se îndreaptă din nou în sus, făcînd un unghi de aproape 60° cu prima incizie. În acest mod s-a decupat peretele anterior al ventriculului drept şi apucînd cu pensa de vîrful lamboului se ridică pentru a se putea observa interiorul cavităţii : muşchii papilari, cordoanele tendinoase, valvulele atrioventriculare şi sigmoide. Pentru ventriculul stîng se procedează similar, făcînd prima incizie paralel cu acelaşi şanţ anterior, iar a doua, de la vîrful ventriculului spre baza sa. Ridicînd şi aici lamboul se poate vedea interiorul.

Se observă : structura peretelui inimii cu endocardul, miocardul şi epicardul său. Se va compara grosimea miocardului atrial cu a celui ventricular şi a miocardului celor două ventricule. Se vor examina la microscop lame cu ţesut miocardic. În atrii se vor observa orificiile prin care acestea comunică cu venele şi cu ventriculele respective. În ventricule se vor observa orificiile de comunicare cu atriile şi cu arterele respective. Atenţia elevilor trebuie să fie îndreptată cu deosebire asupra aparatelor valvulare : valvulele atrioventriculare cu corzile lor tendinoase, muşchii papilari, şi valvulele sigmoide.

Observarea activităţii cardiace

Explorarea funcţională a inimii în laborator se face foarte uşor pe inima de broască.

Material necesar : broaşte de talie mai mare, placă de plută şi instrumente de disecţie, sticle de ceasornic, ser Ringer, pahar Berzelius, biuretă, canulă Straub sau pipetă instilatoare.

Observarea activității inimii de broască „in situ"

Mod de lucru ● Se paralizează o broască prin distrugerea măduvei spinării, se fixează pe planșetă cu fața ventrală în sus și membrele în extensie. Se face o incizie a tegumentului pe linia mediană, se prinde cu pensa apendicele xifoid și se taie cu foarfecele de o parte și de alta claviculele, pentru a se îndepărta întregul plastron sternal. Trebuie să se evite secționarea venei abdominale și a arterelor brahiale. Cu o pensă fină se apucă membrana pericardică și se secționează, degajînd inima.

Inima broaștei este tricamerală, avînd două atrii și un ventricul, și un sinus venos în care se deschid vasele venoase. Atriul drept este de culoare mai închisă, deoarece conține sînge venos, pe cînd cel stîng, este de culoare mai deschisă, deoarece conține sînge oxigenat. Se palpează cu vîrful degetului ventriculul pentru a intui gradul de duritate al miocardului în timpul sistolei și diastolei.

Se prinde vîrful inimii cu o serfină și se orientează rostral. Se va remarca confluerea marilor vase venoase în sinus și delimitarea lui față de atrii prin „linia albă" **(planșa XI).**

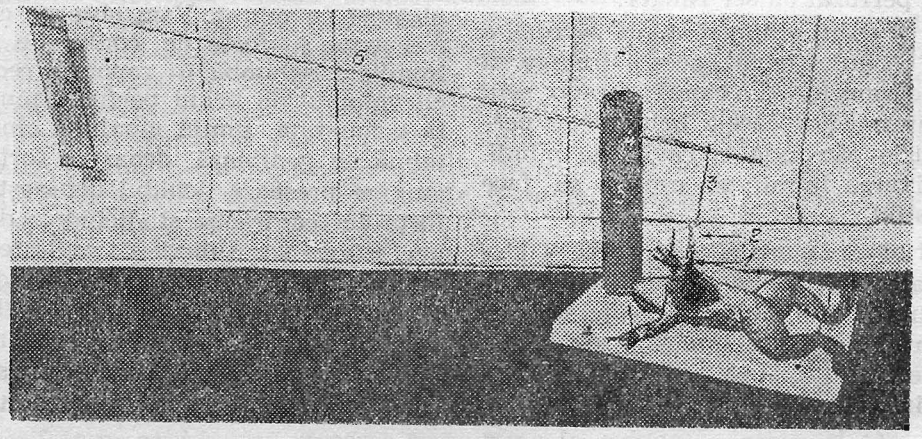
Cînd se ridică vîrful inimii se observă o fîșie de țesut conjunctiv care se secționează cu un foarfece fin pentru a înlesni astfel răsturnarea ventriculului peste atrii și menținerea lui în această poziție timp mai îndelungat. Sinusul venos se contractă în același ritm cu inima. De fapt, de aici iau naștere impulsurile care se propagă la atrii și apoi la ventricul.

În cazul cînd nu dispunem de o serfină, vîrful inimii se leagă cu un fir de ață, care la rîndul lui este legat de o pîrghie ușoară din pai, avînd la extremitatea lui, un steguleț (fig. 122). Se poate urmări alternanța stărilor de contracție — sistolă — și de relaxare — diastolă. Frecvența acestor revoluții cardiace este de 15—30 min, dependentă de numeroși factori, între care variațiile de temperatură. Picurînd pe inimă ser cald (28—30°) sau ser rece (10°), frecvența se modifică accelerîndu-se la cald și moderîndu-se la rece. Culoarea variază ; în sistolă ventriculul este palid și în diastolă

Fig. 122.

Instalație pentru demonstrarea contracțiilor cordului de broască :

1 – inimă ;
2 – serfină ;
3 – fir de ață ;
4 – axul care fixează pîrghia ;
5 – furcă ;
6 – pîrghie amplificatoare (pai) ;
7 – steguleț.



roz. Diferența de culoare se datorește faptului că în cordul de broască nu există o vascularizație coronară.

Automatismul cardiac

Automatismul cardiac este proprietatea inimii de a-și menține activitatea ritmică în afara relațiilor sale cu organismul. Se poate pune în evidență pe cordul izolat.

De la o broască spinalizată se detașează inima din corp, secționînd crosele aortice și vasele venoase. După izolare se pune inima pe o sticlă de ceas, în ser fiziologic pentru a evita deshidratarea. Activitatea inimii durează în afara organismului circa 30 min datorită existenței în structura sa a unui sistem excitoconductor, capabil să genereze impulsurile necesare determinării contracțiilor succesive. Se observă și se cronometrează contracțiile ritmice și regulate ale inimii izolate de organism. Activitatea durează timp îndelungat, dacă se primenește din cînd în cînd serul care o scaldă. Activitatea ritmică poate fi influențată în sensul unei reduceri adăugînd ser rece (la 5°) sau intensificări prin adăugarea de ser cald (circa 25—30°).

Cordul izolat poate fi menținut în stare de activitate timp îndelungat pînă la 30 zile, cu condiția de a fi perfuzat cu ser Ringer.

Pentru realizarea unei perfuzii a a cordului izolat, acesta trebuie să fie conectat cu o canulă Straub, prin intermediul căreia lichidul de perfuzie pătrunde în cavitățile inimii. Fixarea inimii pe canulă se face astfel :

Se sacrifică o broască și i se descoperă inima. După ce ventriculul a fost răsturnat peste atrii, se introduce pe sub sinus un fir de ață. Se face o incizie în formă de V cu vîrful foarfecelui (prin ciupire), în peretele sinusului, în afara locului de unire a acestuia cu atriile.

Prin această incizie se introduce vîrful unei canule Straub sau al unei pipete instilatoare de sticlă procurată de la farmacie. Vîrful canulei trebuie să conțină în ea soluție Ringer, pentru a evita formarea de coaguli. Firul de ață introdus în prealabil sub peretele sinusului este înnodat acum deasupra vîrfului canulei. Astfel întregul perete sinusal este legat de vîrful canulei (v. **planșa XII** și fig. 123). Se are în vedere ca legătura să nu depășească limita liniei albe unde este localizat ganglionul Remak, prin a cărui izolare se produce oprirea activității cardiace. În cazul cînd se folosește pipeta instilatoare, firele de ață se fixează pe peretele de sticlă al canulei cu o bucățică de leucoplast ; în caz contrar, inima alunecă în afară și cade de pe canulă.

Se secționează crosele aortice și vasele venoase sub nivelul ligaturii ; astfel, inima este detașată din corp și rămîne fixată de canulă. Se fixează canula pe suport cu ajutorul unei cleme, cu deschiderea în sus. Se lasă să curgă în canulă lichid Ringer dintr-o biuretă sau un alt rezervor cu un debit de 20 picături pe minut. Din canulă lichidul trece în inimă și apoi este expulzat prin crosele aortice.

Modificăm debitul de perfuzie reducînd sau crescînd numărul de picături pe minut. Vom observa că frecvența și forța de contracție a inimii se schimbă în raport direct cu volumul de lichid perfuzat pînă la o anumită limită maximă cînd inima se gonflează, deoarece forța cu care presează lichidul depășește forța de contracție și lichidul de perfuzie se acumulează în cavitatea inimii. Creșterea forței de contracție proporțional cu volumul de lichid perfuzat se face pe seama forței de rezervă a inimii și ne demonstrează că presiunea ce se exercită

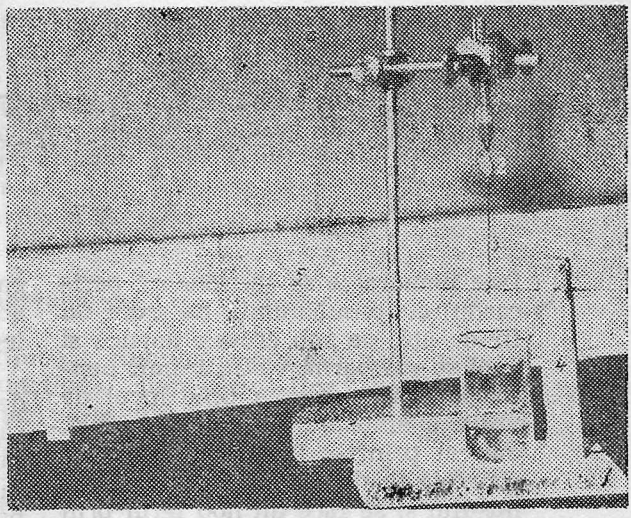


Fig. 123.

Demonstrarea contracțiilor inimii izolate de broască :

1 – canulă de sticlă confecționată dintr-un instilator de picături ;
2 – inimă izolată ;
3 – fir de ață ;
4 – furcă pentru pîrghia amplificatoare (5) ;
6 – steguleț.

pe fața internă a cavității cardiace constituie un excitant. Cînd volumul de lichid perfuzat este redus la 2—3 picături pe minut, deci cu debit mic, amplitudinea și frecvența cardiacă scad.

Perfuzăm inima cu soluție Ringer cu debit constant variind numai temperatura : 10°, 15°, 20°, 25°, 30° și notăm frecvența contracțiilor în unitatea de timp, precum și amplitudinea contracției. Vom constata o accelerare de ritm la temperaturi ridicate (tahicardie) și încetinirea de ritm la temperaturi scăzute (bradicardie).

Concluzii

Inima are o activitate ritmică, automată ; ritmicitatea și amplitudinea contracțiilor sînt influențate de factori termici și de presiune, precum și de impulsurile nervoase.

Experiențele lui Stannius

Prin experiențele lui Stannius se demonstrează existența unei ierarhizări a diferitelor regiuni cardiace autoexcitabile.

Acest țesut este în relație cu structuri nervoase care influențează activitatea automată. Acestea sînt : ganglionii Remak cu rol excitomotor, ganglionii Ludwig, excitoinhibitori și a lui Bidder, excitatori. Aceste componente nervoase sînt capabile să influențeze activitatea cardiacă. Ganglionul lui Remak se află în peretele sinusului ; el este principalul cadențator al contracțiilor ; ganglionul lui Bidder, activator secundar, este situat în peretele atrioventricular. În peretele interatrial se găsește ganglionul Ludwig cu rol inhibitor.

Experimental, rolul acestor ganglioni poate fi pus în evidență prin ligaturile lui Stannius care izolează porțiunile de miocard, în care se găsesc acești ganglioni (fig. 124).

Material necesar : două broaște mari, trusă de disecție, ață, lichid Ringer.

Mod de lucru ● Experiențele se pot face pe cord *in situ*. Broasca paralizată este fixată pe planșetă. Se pune în evidență inima și fără a

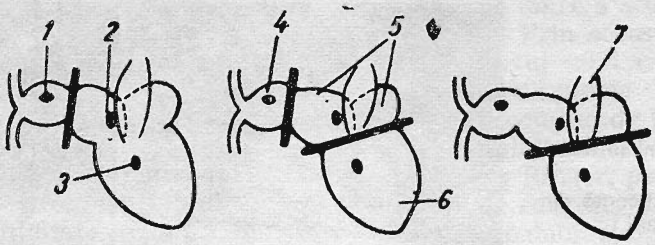


Fig. 124.
Legăturile lui Stannius pe o inimă de broască :
1 – ganglionul Remak ;
2 – ganglionul Ludwig ;
3 – ganglionul Bidder ;
4 – sinus venos ;
5 – auricul ;
6 – ventricul ;
7 – bulb aortic.

face hemoragie se secţionează pericardul şi frenul inimii. Se trece un fir de aţă, pe sub crosele aortice şi apoi se răstoarnă vîrful inimii pentru a putea observa bine locul de unire a sinusului venos cu atriile, marcat printr-o linie albă. Se aduc capetele firului de aţă în dreptul sinusului şi se face un nod ferm prin care se izolează sinusul de atriul drept. Nodul trebuie să fie plasat spre regiunea atrială. Linia albă rămîne în afara nodului, spre sinus. Ca urmare a acestei legături, sinusul îşi continuă activitatea ritmică însă atriile şi ventriculul se opresc. Legătura făcută excită fibrele postganglionare vagale şi astfel se declanşează efectul inhibitor. Aceasta este legătura I a lui Stannius.

La aceeaşi inimă se aplică o a doua legătură (menţinîndu-se cea dintîi) pe şanţul dintre atrii şi ventricul. Ventriculul începe să se contracte cu un ritm mult mai redus şi cu totul asincron faţă de ritmul sinusal. În acest caz se exclude rolul inhibitor al ganglionului Ludwig, acesta manifestîndu-se numai asupra atriilor care rămîn în continuare inerte. Sub acţiunea stimulatoare a ganglionului Bidder se restabileşte activitatea ventriculului. Este a II-a legătură Stannius.

Dacă se secţionează ventriculul deasupra acestei ligaturi, el continuă să fie activ. Făcînd însă o secţiune în ventricul, paralelă cu baza, cam la jumătatea distanţei dintre vîrf şi bază, se constată că vîrful inimii rămîne inert, iar baza ventriculului continuă să aibă o activitate automată ritmică. Vîrful ventriculului excitat mecanic sau electric răspunde printr-o contracţie ca şi un muşchi scheletic. La o altă inimă la care se aplică o ligatură numai pe şanţul atrioventricular, pentru scurt timp, inima se opreşte, apoi îşi reia contracţiile şi pot fi deosebite două ritmuri : unul sinoatrial cu frecvenţă mai mare şi altul, cu mult mai rar, al ventriculului. În acest caz se izolează regiunea sinoatrială de cea ventriculară şi fiecare din aceste regiuni se află sub acţiunea stimulatoare a unui ganglion, însă cu cadenţe diferite, ceea ce explică şi diferenţa de frecvenţă a contracţiilor. Este cea de a III-a legătură Stannius.

Concluzii

Cînd s-a realizat izolarea ganglionului Remak (prima legătură) impulsul motor iniţiat de acest ganglion n-a mai ajuns la inimă, ca atare, inima rămîne sub influenţa predominantă a ganglionului inhibitor – Ludwig – şi se opreşte în diastolă. Cînd se izolează ganglionul Bidder de ganglionul Ludwig (a doua legătură), ventriculul reia contracţia sub acţiunea stimulatoare a ganglionului Bidder, totuşi cu o frecvenţă mai mică, şi atriile rămînînd inerte sub influenţa exclusivă a ganglionului Ludwig se menţin în repaus. Dacă se izolează ganglionii Bidder de restul centrilor nervoşi (a treia legătură) se contractă şi atriile şi ven-

tricului, dar contracțiile nu mai sînt sincrone, nemaiexistînd ierarhizarea funcțională între aceste regiuni cardiace : sinusul venos și atriile au un ritm de contracție cu mult mai mare – cel imprimat de ganglionul Remak – iar ventriculul cu un ritm mai lent – imprimat de acțiunea motorie a ganglionului Bidder. Aceste fenomene de ierarhizare funcțională a automatismului cardiac au fost puse în evidență și la mamifere. Dacă se pensează zona sinusală, inima se oprește.

Acțiunea cardioinhibitoare a nervului vag

Activitatea inimii este sub influența stimulatoare a doi nervi vegetativi : simpatic și parasimpatic. Funcțional, simpaticul stimulează contracțiile și dilată arterele coronare, iar parasimpaticul rărește contracțiile și produce constricția arterelor coronare. Acțiunea sincronă a celor doi nervi este de a echilibra activitatea inimii. Acțiunea cardioinhibitoare a nervului vag asupra activității cardiace poate fi demonstrată pe o inimă de broască.

Material necesar : o broască mare, instrumente de disecție, ață, ace cu gămălie, instalație pentru excitare electrică.

Mod de lucru ● Se pune în evidență inima unei broaște prin îndepărtarea plastronului sternal. Se poate cu multă ușurință identifica nervul vag la broască, urmărindu-l de la originea lui aparentă. Se disociază țesutul conjunctiv și musculatura din dreptul uneia din articulațiile maxilarelor. Se tracționează median țesuturile moi ale acestei regiuni și în profunzime se identifică traseul colorat al carotidei, flancată medial de nervul laringeu, mai subțire, și lateral de nervul vag, cu un diametru mai mare. Acest pachet vasculonervos are o orientare spre inimă. Menționăm că într-un plan mai superficial din același unghi al maxilarului vedem alți doi nervi — glosofaringianul și hipoglosul — care după ce ajung spre regiunea mediană se recurbează rostral, sînt mai subțiri, mai sinuoși și trebuie să fie evitați pentru a nu obține rezultate eronate, prin excitarea lor.

Cu ajutorul a două baghete de sticlă cu vîrful bont, sau cu gămălia unor ace, se disociază nervul vag și se degajează. Se trece o baghetă pe sub întregul trunchi vasculonervos (carotidă, vag, laringeu), se îndepărtează laringeul și apoi se trece un fir de ață pe sub nervul vag și se lasă pe loc. Vagul se ridică apoi ușor cu ajutorul ației trecute pe sub el și se trece peste excitator, se acoperă cu un fin tampon de vată îmbibat în ser fiziologic **(planșa XII).** Se excită : dacă excitația a fost slabă, ea are drept efect moderarea frecvenței bătăilor inimii, sau dacă a fost mai puternică, provoacă chiar oprirea lor pentru cîtva timp. Prin mai multe repetări la intervale de 2—3 min, demonstrăm în mod foarte concludent acțiunea cardiomoderatoare a nervului vag asupra frecvenței contracțiilor cordului. Dacă excitarea se continuă, inima își reia activitatea. Este fenomenul de scăpare a inimii de sub influența cardioinhibitoare a vagului.

● În cazul cînd nu se poate face o disecție satisfăcătoare din lipsă de instrumente fine sau de timp necesar acestei demonstrații, putem pune în evidență efectul cardioinhibitor al nervului vag, excitînd di-

rect regiunea liniei albe dintre sinusul venos și atriu. În această regiune are loc sinapsa între fibrele pre- și postganglionare ale nervului vag. Efectul cardioinhibitor este întotdeauna prompt și de durată mai mare.

Experiența lui Goltz

● Prin această experiență se poate demonstra posibilitatea realizării unor reflexe cardioinhibitoare determinate de excitarea receptorilor situați în diferite alte organe viscerale, de exemplu cel gastric. Impulsurile aferente de intensitate mai mare ajung în centri bulbari cardioinhibitori și apoi, pe calea eferentă a nervului vag, la inimă.

Folosim o broască cu axul cerebrospinal intact, contenționată farmacologic prin anesteziere cu eter sau cloroform, pînă cînd se pierde reflexul de redresare, dar se menține respirația, care poate fi urmărită prin deplasările planșeului bucal. În lipsă de anestezic se poate face o contenționare cu un șiret cu care legăm ferm broasca de placa de plută. După ce aceasta a fost anesteziată se deschide peretele corporal în dreptul inimii, evitînd hemoragia. Se excită electric zona gastrică. Se constată că, la scurt timp după lovire, inima își încetinește ritmul contracțiilor sau se oprește.

Explicația este următoarea : prin curent electric sînt excitate mecanic ramurile senzitive ale vagului de la nivelul stomacului, iar impulsurile care iau naștere se propagă aferent în centrul bulbar al vagului și, de acolo, pe căile efectoare, la inimă. Contraproba se face astfel : distrugînd bulbul sau secționînd ambii nervi vagi, reflexul cardioinhibitor după excitarea electrică a zonei gastrice nu se mai produce.

Acțiunea mediatorilor chimici asupra cordului izolat de broască

Inima izolată de broască, irigată continuu cu soluție Ringer, poate fi menținută activă pînă la 30 de zile, timp în care în cordul izolat se produce o reducere a forței și a frecvenței contracțiilor.

Material necesar : același ca în experiențele privind activitatea inimii de la pagina 172, soluție de acetilcolină 0,1% și soluție de adrenalină 0,1‰.

Mod de lucru ● Se montează inima pe canulă conform indicației de la pagina 172, se fixează canula pe suport, inima se conectează cu pîrghia. Se fixează rezervorul cu soluție Ringer, aceasta curge picătură cu picătură cu un debit de 20/min în canulă. Se verifică frecvența cardiacă și apoi cu o pipetă se adaugă în canulă 1—2 picături soluție Ringer, la care s-a adăugat în prealabil acetilcolină în concentrație de 0,1 % ; se constată moderarea ritmului sau chiar oprirea inimii în diastolă. După restabilirea activității cardiace se adaugă cîteva picături soluție Ringer cu adrenalină 0,1‰. Se produce o intensificare a frecvenței și a forței de contracție. Dacă perfuzia cu adrenalină durează mai mult, inima se oprește în stare de sistolă. Efecte similare se pot obține prin adăugarea a cîteva picături de soluție Ringer cu KCl în exces (1 %) sau $CaCl_2$ în exces (1 %). K^+ este ionul care determină efecte moderatoare, de reducere a frecvenței

și tonusului cardiac, pînă la oprirea inimii în stare de diastolă, pe cînd Ca^{++} determină efect stimulator, intensificînd tonusul cardiac și mărind frecvența contracțiilor, pînă la oprirea inimii în stare de sistolă.

Concluzii

Activitatea inimii este reglată prin influențe nervoase și umorale. Nervii simpatici și parasimpatici, prin acțiunea lor sinergică, adaptează frecvența și forța contracțiilor la necesitățile organismului în funcție de varietatea condițiilor din ambianța internă și externă.

Adrenalina este mediator chimic simpaticomimetic, iar acetilcolina este mediator chimic parasimpaticomimetic. Ca urmare, acțiunea acestora este similară cu a impulsurilor nervoase generate de simpatic și parasimpatic.

Demonstrarea rolului valvulelor atrioventriculare

Rolul valvulelor pentru asigurarea trecerii sîngelui într-un sens unic în timpul sistolelor poate fi mai bine înțeles de elevi, folosind un model experimental natural. Demonstrarea trebuie precedată de observarea directă pe cord a valvulelor atrioventriculare, a modului cum acestea sînt fixate prin corzile tendinoase de mușchii papilari și orientate deci spre cavitatea ventriculară, ca și de observarea valvulelor sigmoide, situate la locul de desprindere a aortei și arterei pulmonare din ventriculi.

● *Experiența lui Luciani* demonstrează rolul pe care îl au valvulele atrioventriculare în cursul sistolelor ventriculare.

Material necesar : 1—2 inimi de bovine, un stativ pe care, cu ajutorul unei cleme, se prinde un inel metalic (poate fi confecționat din sîrmă mai tare), un cristalizor de capacitate de circa 1—2 l sau orice recipient, ac și ață de cusut.

Mod de lucru ● Se utilizează un cord bovin sau de porc, spălat în prealabil de cheagurile de sînge. Aorta și artera pulmonară se taie scurt, aproape de inimă, și se astupă cu dopuri sau se leagă strîns încît să nu se poată evacua lichidul prin ele, atunci cînd se vor comprima ventriculii. Atriul drept sau stîng este deschis ; marginile tăieturii sînt răsfrînte pe marginile inelului și cusute de el. Dedesubt se așază recipientul (fig. 125).

Cîte 3—4 elevi vin în grup să observe direcția valvulelor orientate înspre ventricul. Ei umplu cu apă atriul : aceasta, apăsînd valvulele, deschide orificiul atrioventricular și apa trece în ventricul.

Se comprimă apoi cu mîna ventriculul respectiv ; elevii vor vedea că orificiul atrioventricular este închis datorită împingerii valvulelor de presiunea exercitată de apă, ele sînt împinse dinspre ventricul spre atriu. Se poate introduce un deget între marginile valvulelor pentru a aprecia presiunea exercitată asupra lor de către coloana de lichid din ventricul. Valvulele sînt alipite și închid orificiul atrioventricular, încît apa nu mai poate trece din ventricul în atriu, deși se presează manual asupra ventriculului.

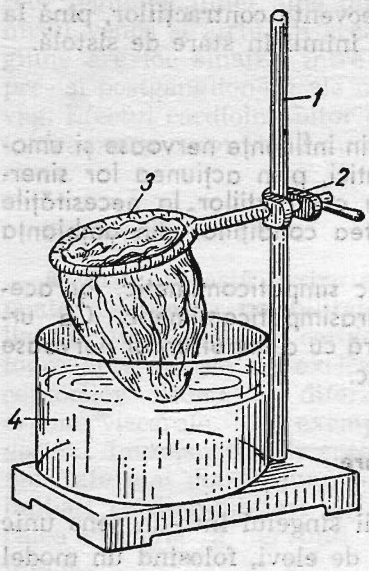


Fig. 125.
Experiența lui Luciani :
1 – suport metalic ;
2 – clemă ;
3 – inel metalic ;
4 – cristalizor.

Elevii trebuie să rețină importanța rolului corzilor tendinoase care nu permit răsturnarea valvulelor prin orificiile atrioventriculare spre cavitatea atrială în timpul cînd crește presiunea lichidului în ventricul și apasă asupra lor. Concomitent, presiunea exercitată de contracția miocardului ventricular asupra sîngelui determină deschiderea orificiilor spre aortă și artera pulmonară prin presarea și alipirea valvulelor sigmoide de pereții acestor artere.

Manifestări acustice și mecanice ale contracției cordului. Ritmul cardiac în activitatea obișnuită și în efort

Manifestările acustice pot fi ascultate în dreptul inimii cu ajutorul stetoscopului. Elevii își pot face reciproc ascultarea zgomotelor cardiace și pot identifica două zgomote : zgomotul sistolic și zgomotul diastolic.

a. *Zgomotul sistolic.* La începutul sistolei ventriculare se produce un sunet care se datorește închiderii valvulelor atrioventriculare. Poate fi ascultat către vîrful inimii, în spațiul V intercostal stîng, pe linia mediobaclaviculară pentru valvula mitrală și în spațiul VI intercostal, la marginea sternului, pentru valvula atrioventriculară stîngă. Este de durată mai mare și de tonalitate mai joasă.

b. *Zgomotul diastolic* se aude la începutul diastolei ventriculare și se datorește închiderii valvulelor sigmoide. Este de durată mai scurtă și are tonalitate mai înaltă. Poate fi ascultat către baza inimii, imediat în vecinătatea sternului, în spațiul II intercostal stîng, pentru valvulele arterei pulmonare, și în spațiul II intercostal drept, pentru valvulele de la originea aortei.

În cazul unor leziuni valvulare, zgomotele menționate pot fi modificate însoțindu-se de sufluri caracteristice.

Șocul apexian. În timpul sistolei ventriculare, inima suferă o ușoară torsiune ; ca urmare, ventriculul stîng orientat posterior este deplasat ceva mai în față, iar vîrful inimii ia contact cu peretele toracic. Acest contact poate fi simțit prin aplicarea palmei în dreptul spațiului V intercostal stîng. Șocul apexian este sincron cu zgomotul sistolic. Folosind stetoscopul, elevii se pot autoobserva sau se vor observa reciproc, pentru a sesiza sincronismul dintre șocul apexian și primul zgomot cardiac.

Ritmul contracțiilor cordului este dependent de mulți factori, printre care : vîrsta, talia (elevii din școala generală și liceu au o frecvență

cardiacă de 80—70/minut), stările emoţionale, temperatura ambiantă, condiţii de antrenament, stări patologice.

Elevii trebuie puşi în situaţia de a se autoobserva reciproc pentru a determina ritmul contracţiilor cordului în activitatea obişnuită şi după un efort fizic. Ei trebuie să lege aceste observaţii de problemele de reglaj pe cale neuroumorală pentru justificarea adaptării circulaţiei la necesităţile fiziologice ale organismului.

Punerea în evidenţă a sistemului vascular

Studiul organizării sistemului vascular întîmpină unele dificultăţi, mai ales cînd este vorba de vase cu calibru mic care sînt greu de văzut cu ochiul liber în intimitatea ţesuturilor şi organelor pe care le irigă. Din această cauză se recurge la unele metode de injectare a sistemului vascular cu substanţe cu o anumită culoare şi consistenţă. Aşa, de pildă, se întrebuinţează : miniu de plumb, alb de zinc, negru de fum etc. Indicăm modul de preparare a soluţiei şi de injectare.

Material necesar : apă distilată, foi de gelatină, bicromat de potasiu în soluţie de 5%, acetat de plumb în soluţie de 3%, hîrtie de filtru, pîlnie, pahare Berzelius, seringă de 2 ml, o broască sau un iepure, şoarece, cobai, alb de zinc, negru de fum.

Mod de lucru ● Se taie mărunt două foi de gelatină şi se solvesc la cald în 100 ml apă distilată. Se colorează cu bicromat de plumb care se obţine amestecînd cantităţi egale de soluţie de bicromat de potasiu 5% cu acetat de plumb 3%. Precipitatul galben-portocaliu de bicromat de plumb se filtrează, se adună de pe hîrtia de filtru şi se adaugă la soluţia de gelatină. Se amestecă bine şi se ţine la cald.

Folosind bicromatul de plumb se poate vedea bine sistemul arterial colorat în galben, iar cel venos, într-o culoare brună, din cauza amestecului cu sîngele venos din aceste vase **(planşa XIII).**

În loc de bicromat de plumb se poate folosi orice altă substanţă colorată, insolubilă sau greu solubilă în apă : alb de zinc, negru de fum (fig. 126), miniu de plumb.

Se pot vedea imagini deosebit de concludente, în special, la nivelul viscerelor unde reţelele vasculare arteriale şi venoase sînt cu trasee extrem de complicate **(planşele XIV şi XV).**

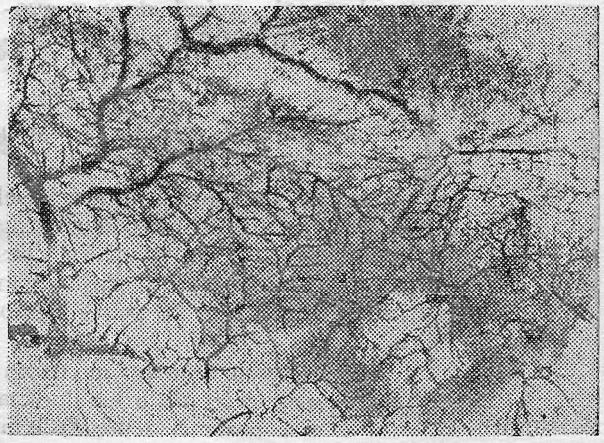


Fig. 126.

Evidenţierea vaselor sanguine din tegument de broască prin injectarea negrului de fum.

Injectarea sistemului vascular al unei broaşte

● Se paralizează o broască, distrugîndu-i-se numai creierul şi se fixează cu faţa ventrală în sus. Se descoperă inima. Se acoperă corpul broaştei cu comprese calde şi se în-

treţine căldura pînă la efectuarea injecţiei.

Se pregăteşte o seringă şi se aspiră soluţie de gelatină colorată, apoi se introduce repede acul seringii în sinusul venos şi se injectează încet, aproximativ 5—10 ml.

Trebuie să se aibă grijă ca soluţia de gelatină să fie menţinută caldă pînă la sfîrşitul injecţiei. După aceasta se spală repede seringa şi acul cu apă fierbinte. Se ridică compresele calde de pe broasca injectată şi se aplică altele reci.

Este recomandabil să se utilizeze pentru o demonstraţie 3—4 broaşte spre a le injecta pe fiecare cu un alt colorant.

Injectarea sistemului vascular al unui mamifer mic

● Se pregăteşte materialul ca pentru broască, avînd doar prevederea de a întrebuinţa cantităţi potrivite pentru talia animalului. Se sacrifică animalul prin înţeparea bulbului sau prin cloroformizare cu doze toxice. Se deschide cavitatea toracică, se degajează trunchiul aortei şi se injectează soluţia de gelatină colorată în aceasta. Şi în acest caz sînt necesare precauţiile termice menţionate în efectuarea experienţei pe broască.

Pentru studiul structurii vaselor se examinează la microscop secţiunile în artere şi vene de diferite calibre, de mamifer. Se vor compara structurile pereţilor arterelor şi ale venelor şi se va insista pentru înţelegerea rolului ţesutului elastic şi muscular în circulaţia sîngelui. Este indicată o examinare a vaselor sanguine de calibru mare pe animale de curînd sacrificate. Se secţionează o arteră şi se constată că are lumenul larg deschis şi nu conţine sînge, spre deosebire de vene, care sînt pline cu sînge şi colabate.

Rolul ţesutului elastic în structura arterelor

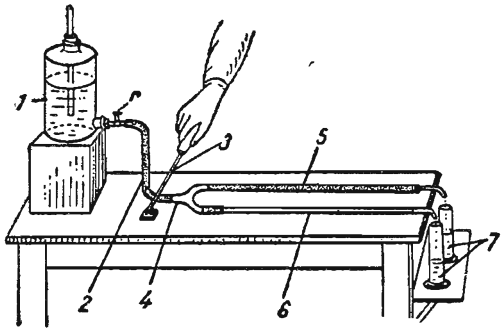
Circulaţia sîngelui în toate vasele se face sub forma unui curent continuu, deşi ventriculul pulsează sîngele în aortă cu intermitenţa corespunzătoare frecvenţei contracţiilor. Ţesutul elastic din tunica mijlocie a peretelui arterial are rolul de a transforma debitul discontinuu în debit continuu. Acest fapt se poate demonstra prin *experienţa lui Marey.*

Material necesar : un flacon de sticlă, care la partea inferioară are un robinet *(r)* sau o tubulură laterală, prelungită cu un tub de cauciuc, pe care poate fi acţionată o manetă pentru a-l menţine închis sau deschis. Extremitatea acestui tub este conectată cu un alt tub de sticlă sau metalic în Y. Cele două ramuri ale lui Y se prelungesc fiecare : unul cu un tub de cauciuc cu pereţii foarte subţiri şi elastici şi celălalt cu un tub rigid metalic sau de sticlă. Cele două tuburi conectate la Y trebuie să aibă aceeaşi lungime (70—80 cm) şi acelaşi lumen. Sub extremitatea fiecărui tub se pune un vas gradat ca în figura 127.

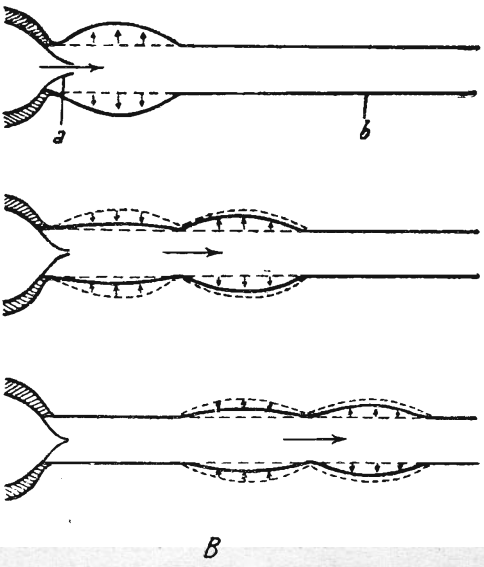
Mod de lucru ● Robinetul fiind închis se pune în flacon apă. Apoi se deschide, se ridică maneta şi se lasă să curgă apa ; se constată că prin ambele tuburi trece un curent continuu de apă. Apoi, tubul de legătură se comprimă în mod ritmic cu maneta, încît în cele două tuburi lungi ajunge apa cu intermitenţă, val după val.

Se constată că la capătul terminal apa curge sacadat numai prin tubul de sticlă, pe cînd prin tubul de cauciuc curge continuu. Curge-

rea discontinuă s-a transformat într-un curent continuu, datorită elasticității pereților tubului de cauciuc, iar cantitatea de apă acumulată în vasul colector respectiv este mai mare. Elasticitatea tubului de cauciuc, din experiența Marey, este comparabilă cu elasticitatea pereților arteriali care au rolul determinant de transformare a debitului sanguin, propulsat sacadat, de ventricule, în debit continuu.



A



B

Fig. 127.

A. Experiența lui Marey :

1 – vas cu apă cu robinet ;
2 – tub compresibil ;
3 – manetă ;
4 – tub de legătură în Y ;
5 – tub de cauciuc cu pereții foarte subțiri ;
6 – tub de sticlă ;
7 – vase de colectare a lichidului.

B. Schematizarea rolului elasticității pereților arteriali în propulsarea sîngelui :

a – valvulele sigmoide ;
b – trunchiul arterei.
1 – Deschiderea valvulelor sigmoide ca urmare a forței de propulsare a sîngelui în timpul sistolei ventriculare și distensia primei porțiuni a aortei.
2 – Închiderea valvulelor sigmoide, revenirea pereților porțiunii inițiale a aortei la starea de la început datorită forței elastice și împingerea coloanei de sînge în porțiunea imediat următoare, care determină distensia acestei porțiuni.
3 – Repetarea în continuare a acelorași fenomene din aproape în aproape.

Măsurarea tensiunii arteriale

Sîngele este propulsat în vase cu o presiune dependentă de forța de contracție a inimii, presiunea în artere în acest timp este maximă. Deoarece volumul masei de sînge este mai mare decît volumul arborelui vascular se exercită asupra pereților interni ai vaselor o presiune excentrică care determină întinderea acestora și mărirea lumenului vascular. Componentele elastice și musculare din tunica vaselor acționează cu o forță de sens invers asupra coloanei de sînge (contribuind la împingerea lui în vase). Această forță sau tensiune vasculară dependentă de intensitatea reacțiilor vasomotorii menține presiunea arterială, în intervalul

dintre sistole, la o valoare sub presiunea maximă — este presiunea minimă sau diastolică.

Valoarea presiunii arteriale se poate măsura prin metode directe sîngerînde, utilizate experimental și indirecte, clinice cu sfigmotensiometru. Metoda indirectă palpatorie indică numai presiunea maximă, metoda indirectă oscilatorie indică presiunea maximă și minimă. La om sînt folosite metodele clinice.

Material necesar : sfigmotensiometru și stetoscop.

Mod de lucru ● Se montează manșeta pneumatică pe brațul unui elev și stetoscopul pe plica cotului. Se pompează cu para de cauciuc aer pînă cînd presiunea din manșetă întrece pe cea a sîngelui din artera radială (între 17 și 20 cm Hg). În acest fel este suprimată circulația sîngelui prin arteră.

Se decomprimă apoi progresiv pînă cînd presiunea din manșetă se egalează cu presiunea arterială sistolică, sîngele trece prin vas și pătrunde prin porțiunea turtită a arterei, provocînd destinderea pereților ei ; se aude un prim zgomot scurt și slab. Notăm presiunea pe care o indică manometrul în acel moment. Este presiunea maximă, corespunzătoare stării de sistolă ventriculară. Concomitent se poate percepe pulsul arterei radiale.

Continuînd decomprimarea se observă că zgomotele arteriale se intensifică, după care se atenuează treptat și în cele din urmă dispar. Momentul dispariției indică presiunea minimă corespunzătoare stării de diastolă.

Diferența de presiune între presiunea sistolică și diastolică este presiunea diferențială.

Comparînd datele notate observăm că presiunea arterială este mai mare în timpul sistolei, 100—140 mm Hg, și mai mică în timpul diastolei, 60—80 mm Hg. Variații ale valorilor normale indică perturbări trecătoare sau permanente ale mecanismelor de reglare neuroumorală a presiunii arteriale.

Evidențierea pulsului arterial

Pulsul arterial este zvîcnitura care se simte la palparea oricărei artere comprimate pe un fond dur (pulsul radial, carotidian, temporal). El corespunde în timp și frecvență sistolei ventriculare și este determinat de unda vibratorie care ia naștere în momentul cînd sîngele împins de ventriculul stîng presează sîngele aflat în aortă. Viteza undei pulsatile este de 5 m/s, aproximativ de 10 ori mai mare decît viteza de curgere a sîngelui, de 0,5 m/s. Pentru a percepe unda pulsatilă, comprimarea trebuie să se facă cu o intensitate egală cu presiunea din artera respectivă. Controlînd pulsul se obțin indicații asupra frecvenței cardiace și asupra forței de contracție a inimii putînd deosebi un puls puternic sau un puls slab abia perceptibil.

Material necesar : o oglindă de buzunar, baghetă din lemn ușor și un pai, lungi de 25—30 cm, un dop de plută, tub de sticlă în U cu brațele lungi de 20 cm și lumenul de 0,5 cm, suport metalic cu cleme, un tub de cauciuc, o pîlnie de sticlă cu diametrul de 3—4 cm.

Mod de lucru ● Pulsul poate fi atît de puternic încît să provoace efecte vizibile (mai ales după efort), de exemplu, oscilația gambei. Pen-

tru aceasta, subiectul trebuie să stea „picior peste picior", avînd spațiul popliteal al unui membru sprijinit pe genunchiul celuilalt. Se relaxează membrul sprijinit. Se observă că vîrful piciorului manifestă oscilații ritmice. Dacă se așază pe vîrful piciorului o oglindă pe care se proiectează un fascicul de lumină, reflectat apoi pe un ecran (perete), pulsațiile pot fi urmărite pe ecran, prin deplasarea foarte mult amplificată a spotului de lumină produs de raza reflectată.

● Se ține între dinți, nu prea strîns, o baghetă de lemn ușor, lungă de aproximativ 30 cm și cu o grosime de 0,5 cm. Se observă că aceasta oscilează ritmic corespunzător frecvenței pulsului (fig. 128).

Fig. 128.

Experiență pentru evidențierea pulsului arterial.

● Pulsul arterei radiale poate fi evidențiat astfel : se fixează într-un dop de plută un pai colorat, lung de 25—30 cm. Se aplică dopul pe piele în dreptul arterei radiale și se presează treptat. Se urmărește vîrful paiului la care se observă oscilații în ritmul pulsațiilor atunci cînd presiunea exercitată pe arteră este egală cu cea din interiorul arterei.

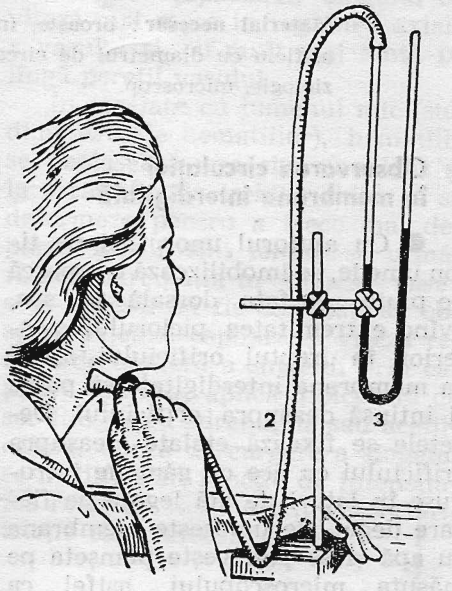


Fig. 129.

Instalație pentru observarea pulsului carotidian :

1 — pîlnie de sticlă ;
2 — tub de cauciuc ;
3 — manometru cu apă colorată cu cerneală.

● Se confecționează un manometru din tub de sticlă îndoit în formă de U. Se introduce în tub apă colorată pînă la jumătate și se fixează pe suport. Capătul unuia din brațe se prelungește cu un tub de cauciuc conectat la pîlnia de sticlă. Se palpează pulsul carotidian și se aplică în acea regiune gura pîlniei (fig. 129). Se apasă ușor. Se observă oscilațiile meniscurilor de apă colorată din tubul manometric în ritmul corespunzător frecvenței pulsatile.

Punerea în evidență a circulației capilare

Capilarele reprezintă segmentul vascular prin care are loc schimbul de substanțe între sînge și țesuturi. Diametrul unui capilar fiind extrem de mic, de ordinul micronilor, circulația sîngelui în acesta se vede numai

la microscop în membrane subțiri, ca membrana interdigitală, limbă, mezenter și plămîn de broască.

Material necesar: broaște, instrumente de disecție, planșetă avînd un orificiu cu diametrul de circa 2 cm, ace cu gămălie, tifon, vată, ser fiziologic, microscop.

Observarea circulației în membrana interdigitală

● Cu ajutorul unor fîșii de tifon umede, se imobilizează o broască pe plută, cu fața dorsală în sus, avînd extremitatea piciorului posterior în dreptul orificiului, astfel ca membrana interdigitală să poată fi întinsă deasupra orificiului. Degetele se fixează etalate deasupra orificiului cu ace cu gămălie introduse în lațuri de ață legate pe fiecare deget. Se umezește membrana cu apă și se potrivește planșeta pe măsuța microscopului, astfel ca membrana să se găsească în dreptul obiectivului. Se luminează puternic și se observă cum circulă sîngele în arteriole, venule și mai ales în rețeaua capilară (fig. 130). Coloana de sînge la nivelul capilarelor este atît de subțire încît nu se identifică decît prin deplasarea evidentă a hematiilor. La broască, hematiile au formă eliptică, sînt mari și nucleate, deci ușor de urmărit în deplasarea lor de către coloana de lichid circulant.

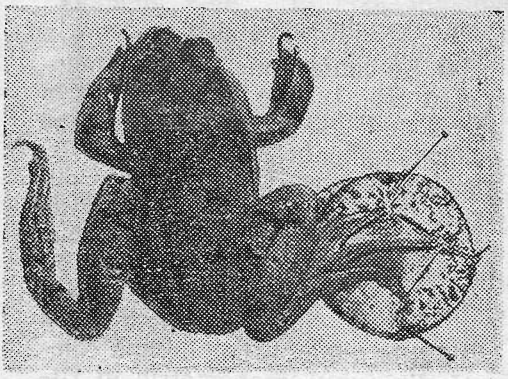


Fig. 130.

Preparat pentru observarea circulației capilare în membrana interdigitală la broască.

Observarea circulației în limba de broască

● Se poate lucra cu același animal schimbîndu-i doar poziția pe planșetă, în sensul că în dreptul orificiului să se etaleze limba. Se observă la microscop (fig. 131). În limbă se poate remarca densitatea capilarelor cu mult mai mare decît în membrana interdigitală.

Fig. 131.

Preparat pentru observarea circulației în limba de broască.

Observarea circulației în mezenter

● Se pregătește o broască spinală prin distrugerea encefalului, măduva lăsîndu-se intactă. Se fixează pe planșetă cu fața dorsală în

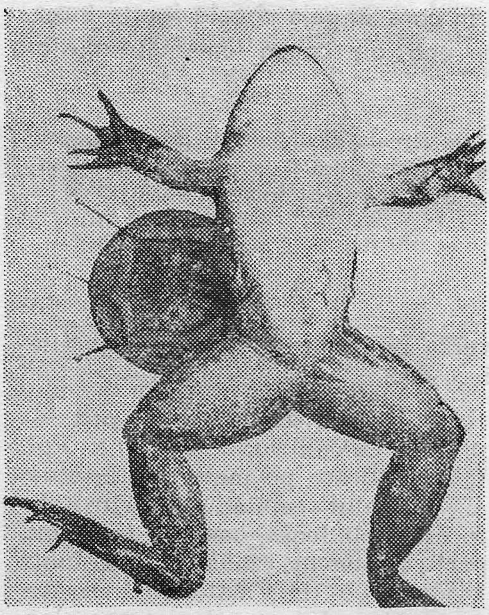


Fig. 132.

Preparat pentru observarea circulației în mezenterul de broască.

sus. Se face o incizie laterală în peretele abdominal drept. Se introduce prin incizie o pensă și se apucă o ansă intestinală care se trage în afară. Se etalează cu grijă ansa deasupra orificiului și se fixează pe margine cu ace înfipte în peretele intestinului (fig. 132). Se umezește cu ser fiziologic și se observă la microscop, după 5 min, timp necesar pentru trecerea șocului spinal și restabilirea tonusului vascular.

Se pot observa vase de calibre diferite, arteriale și venoase, cu traseu paralel, însă cu deplasarea în sens contrar a coloanei de sînge. De remarcat că viteza de curgere în vasele arteriale este cu mult mai mare decît în cele venoase. De observat modul de distribuire a vaselor arteriale și de confluere a vaselor venoase. În vasele de calibru mai mare se observă deplasarea sîngelui cu viteză mai mare în regiunea axială a vasului și cu mult mai lentă pe lîngă pereții vasului.

În capilare cu lumenul mic (sub dimensiunile hematiilor), hematiile se deplasează una cîte una lent și la o ramificație trebuie chiar să se deformeze pentru a trece mai departe. Elevii sînt tentați să urmărească circulația în marile vase; este necesar să fie solicitați să observe rețeaua capilară și viteza redusă de curgere a sîngelui prin capilare. Dacă se aplică o picătură de ser Ringer cu adrenalină sau acetilcolină, viteza de curgere a sîngelui se modifică în funcție de intensitatea reacției vasomotorii—vasoconstricție sau vasodilatatoare.

Observarea circulației în plămînul de broască

● La o broască spinală se face o incizie laterală la baza membrului anterior. Se introduce în laringele broaștei capătul unui tub de sticlă. La capăt este conectat cu un tub de cauciuc prin care se suflă încet. Se observă că plămînul se umple de aer și se exteriorizează prin incizia laterală. Se aranjează preparatul astfel ca plămînul să vină în dreptul orificiului plutei, peste care s-a așezat o lamă de sticlă. Se umectează cu ser și se observă la microscop. În plămîn se poate identifica grosimea peretelui pulmonar, structura lui și densitatea extrem de mare a rețelei capilare. În cazul unor hemoragii care acoperă zona observată, sîngele extravazat se spală cu ser fiziologic.

Concluzii

În artere, viteza sîngelui este mai mare decît în vene. Sîngele circulă sub forma unui curent continuu, elementele figurate fiind antrenate în mișcare de presiunea sîngelui. Capilarele sînt

vase cu calibrul cel mai mic în care sîngele circulă foarte încet, iar eritrocitele trec chiar cîte una, din cauza lumenului mic al acestor vase.

Observații. În aprecierea vitezei de circulație a sîngelui pe preparatele menționate trebuie să se aibă în vedere faptul că aceasta apare amplificată în raport cu puterea de mărire a microscopului utilizat.

Observarea diapedezei

Posibilitatea leucocitelor de a traversa pereții capilarelor în spațiile extravasculare poate fi observată la microscop.

Mod de lucru ● Se injectează în sacii dorsali limfatici ai unei broaște circa 1—2 cm^3 soluție Ringer în care s-a introdus pulbere foarte fină de negru de fum sau tuș. Se lasă broasca în acvariu timp de 2—3 ore, după care se pregătește mezenterul pentru observare la microscop. După trecerea șocului operator, atenția se îndreaptă spre capilarele cu calibrul cel mai mic. Pot fi identificate pe marginea internă a peretelui capilar leucocite de formă globuloasă, care au fagocitat particule de tuș sau negru de fum. Urmărind în timp astfel de leucocite se poate observa deplasarea lor de-a lungul peretelui capilar, precum și diapedeza.

Capilaroscopia

La om, fluxul sanguin prin capilare poate fi urmărit la microscop destul de bine la cuta supraunghială a degetelor de la mîini, pentru a aprecia gradul de reactivitate vasomotorie.

● Se fixează un deget în mod adecvat pe placa microscopului sub nivelul obiectivului. Se pune o picătură de ulei de cedru pe cuta supraunghial și se aplică eventual o lamelă șlefuită. Se proiectează spre locul de observație un fascicul puternic de lumină. Se observă cu obiectivul slab sau mijlociu aspectul capilarelor, care apar ca niște anse. Excitarea termică a tegumentului (prin aplicarea unui tampon de vată îmbibat în apă rece sau caldă) determină reducerea numărului de capilare la rece și creșterea lor la cald. O reactivitate scăzută la excitații indică tulburări de circulație, iar o lipsă totală de reactivitate denotă un grad avansat de arterioscleroză.

Rezistența capilară

Peretele capilar este format dintr-un singur strat de celule aplatizate care formează endoteliul. Acesta este situat pe o membrană bazală și înconjurat de celule conjunctive care formează periteliul. Ca urmare, rezistența pereților capilari este adecvată la o presiune a coloanei de lichid sanguin de 10—20 mm Hg și poate fi scăzută în condiții de carență de vitamină C, P sau intoxicații. Aprecierea gradului de rezistență capilară

la presiunea sanguină se poate face în laborator, provocînd la nivelul capilarelor condiţii de hiper- sau hipotensiune cu ajutorul unei manşete a aparatului de măsurat tensiunea, sau cu ventuze, conectate la manometre.

Metoda Rumpel-Leede

● Se face stază în braţ timp de 5 min prin menţinerea manşetei tensiometrului la o presiune cu 10—20 mm Hg, sub presiunea sistolică.

După suprimarea stazei şi dispariţia coloraţiei livide a braţului se numără cu lupa petele apărute la marginea inferioară a manşetei, de fapt în dreptul plicii cotului. Cu cît numărul lor este mai mare şi se identifică pe distanţe din ce în ce mai mari pe antebraţ cu atît se consideră că rezistenţa capilară este mai scăzută. Datorită stazei create de manşetă, sîngele este împins în vasele antebraţului numai în timpul contracţiei sistolice, dar nu se poate reîntoarce prin vene din cauza presiunii prea mari, care se exercită din exterior. Sîngele se acumulează şi apasă pe pereţii interni ai vaselor capilare care se rup dacă sînt friabile.

Metoda de apreciere a rezistenţei capilare cu ajutorul ventuzelor

● Un tub de sticlă cu diametrul de 3—4 cm este conectat la un capăt cu o pompă de vid şi cu un manometru care să ne indice presiunea negativă ce se formează cînd este aplicat pe tegument în dreptul plicii cotului. Se creează o aspiraţie de 50—100 mm Hg şi se menţine 3 min. Se aşteaptă pînă se uniformizează culoarea tegumentului şi se numără petesiile cu lupa. La o rezistenţă normală nu se depăşeşte numărul de cinci petesii pe suprafaţa asupra căreia s-a exercitat aspiraţia. Prin această metodă se scade presiunea în exterior şi atunci cea intravasculară devine mai mare, acţionînd asupra endoteliului. Are avantajul că verificarea rezistenţei capilare se face pe o suprafaţă mică de tegument.

E. SISTEMUL EXCRETOR

1. Studiul rinichiului de mamifer

Rinichiul are rol de a elimina produşii de catabolism, substanţele nocive, medicamentoase şi de a reţine total sau parţial substanţele necesare. Prin funcţia de eliminare şi de economisire se asigură homeostazia. Pentru detalii privitoare la configuraţia externă şi structura internă a rinichiului este indicată observarea rinichiului de porc. Pentru topografia aparatului excretor este indicată disecţia unui iepure **(planşa XVI).**

Material necesar : doi rinichi, instrumente de disecţie, cuţit, lupă şi microscop, lame microscopice.

Mod de lucru ● Materialul adus de la abator se spală, apoi se examinează conformaţia externă a rinichiului şi se compară cu rinichiul de om, după desenele din manual. Se observă forma, dimensiunile, faţa medială cu hilul şi pedicului renal în care se văd vasele renale

(artera şi vena), ureterul, nervii. La exterior rinichiul este acoperit de capsula conjunctivă renală foarte subţire.

Studiul structurii interne se face după secţionarea rinichiului în lungul liniei mediane, mergîndu-se dinspre partea convexă spre cea concavă şi obţinîndu-se astfel două jumătăţi egale (fig. 133). Se pot observa următoarele detalii structurale : 1) sinusul renal în care se găsesc ramificaţiile vaselor renale, pelvisul şi calicele (spre a le distinge mai uşor este necesar să se îndepărteze ţesutul adipos care umple spaţiul dintre acestea) ; 2) ţesutul renal propriu-zis alcătuit din cele două zone : zona corticală şi medulară. În substanţa medulară se disting piramidele renale ale lui Malpighi la vîrful cărora se pot vedea, cu lupa, orificiile tuburilor colectoare. La microscop, pe secţiuni, se poate observa structura celor două zone, identificînd corpusculii renali şi diferitele părţi ale tuburilor colectoare din zona corticală şi zona medulară. Al doilea rinichi se secţionează transversal şi se observă raportul dintre substanţa corticală şi cea medulară.

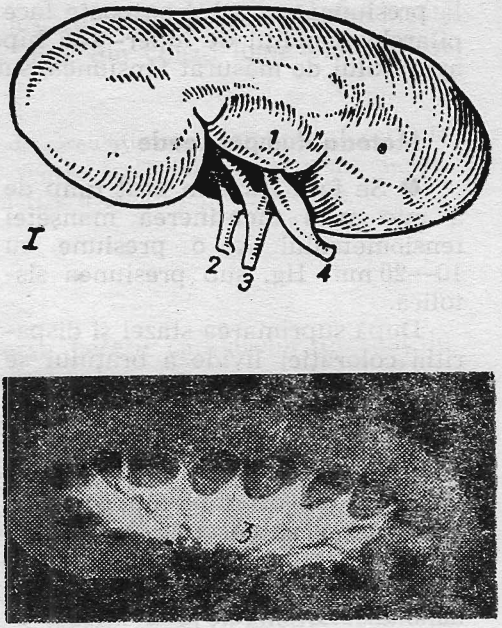


Fig. 133.
Rinichi de porc :
I. morfologia externă :
1 — hilul renal ;
2 — artera renală ;
3 — vena renală ;
4 — ureterul ;
II. secţiune în plan sagital :
1 — zona corticală ;
2 — zona medulară ;
3 — bazinetul.

2. Studierea compoziţiei urinei

Urina este un lichid cu o compoziţie chimică complexă, conţinînd apă în care sînt dizolvate substanţe minerale şi organice. În urina normală, concentraţia acestor componente este aproximativ stabilă, cu variaţii între anumite limite ; peste aceste limite există condiţii patologice. Din această cauză, examinarea compoziţiei urinei ne poate da indicaţii asupra modului de funcţionare a rinichiului.

Material necesar : urină proaspătă, recoltată dimineaţa, pe nemîncate (pentru conservare i se adaugă puţin timol), eprubete şi stativ, pahare Berzelius, hîrtie de turnesol şi reactivi menţionaţi pentru fiecare probă.

Evidenţierea clorului

Mod de lucru ● Se toarnă 5 ml urină într-o eprubetă, se adaugă cîteva picături de acid azotic 5%, pînă cînd reacţia urinei devine net acidă. Apoi se adaugă 0,5—1 ml dintr-o soluţie de azotat de argint 2%. Se produce un precipitat abun-

dent de clorură de argint. Precipitatul poate fi dizolvat prin adăugare de amoniac.

Evidențierea amoniacului

Mod de lucru ● Într-un pahar Berzelius se tratează 25 ml urină cu lapte de var, se agită repede cu o baghetă de sticlă și se acoperă imediat cu un geam de care atîrnă, în pahar, o fîșie de hîrtie roșie de turnesol. Se observă că aceasta devine în scurt timp albastră, ca urmare a vaporilor de amoniac ce se degajă din amestecul de urină și lapte de var.

Evidențierea creatininei

Mod de lucru ● Într-o eprubetă se toarnă 5 ml urină și se adaugă cîteva picături dintr-o soluție saturată de acid picric și puțin hidroxid de sodiu sau de potasiu 10%. Se produce o coloratie roșie-purpurie, caracteristică pentru creatinină. Această substanță rezultă din catabolismul proteinelor.

Evidențierea glucozei

Mod de lucru ● În urina normală nu se găsesc decît urme de glucoză, mai ales după prînzurile bogate în glucide, sau în urma unor emoții. În cazuri patologice se elimină prin urină multă glucoză, așa cum se întîmplă în diabetul zaharat. Dată fiind importanța practică a controlului glicozuriei indicăm mai jos trei probe de control. Și pentru că este greu de procurat urină patologică, putem adăuga 1 g de glucoză la 1 l de urină normală.

● *Proba Fehling.* Se prepară două soluții : una conținînd 4 g de sulfat de cupru la 100 ml apă distilată, iar cealaltă avînd 15 g hidroxid de sodiu plus 20 g tartrat dublu de sodiu și potasiu (sarea lui Seignette) tot la 100 ml apă. Cele două soluții se păstrează în sticle diferite. La 5 ml urină se adaugă volume egale (0,5 ml) din cele două soluții, se agită și se încălzește la fierbere. În cazul cînd glucoza este prezentă, apare un precipitat galben-roșcat de oxid cupros.

● *Proba Trommer.* Se prepară o soluție de hidroxid de sodiu 10% și o soluție de sulfat de cupru 10%. Se păstrează în sticle diferite. Se tratează urina cu hidroxidul de sodiu astfel ca reacția să devină puternic alcalină. Se adaugă apoi din soluția de sulfat de cupru, picătură cu picătură, și se agită mereu, pînă cînd amestecul se colorează în albastru-închis. Dacă în urină există multă glucoză, atunci apare un precipitat roșcat, chiar la rece ; altfel este nevoie să se încălzească la fierbere.

● *Proba Nylander.* Se prepară un reactiv cu următoarea compoziție : soluție de hidroxid de sodiu 10 ml, azotat de bismut 0,2 g, sarea Seignette 0,4 g. Stabilitatea reactivului fiind de scurtă durată este recomandabil să nu se prepare dintr-o dată o cantitate mare.

La 10 ml urină se adaugă 1 ml reactiv Nylander, se agită și se încălzește la fierbere. Se constată că, în cazul cînd este prezentă glucoza, apare un precipitat negru de bismut metalic, eliberat prin reducerea azotatului. Această reacție este foarte sensibilă, putîndu-se decela cu ajutorul ei urme de glucoză (0,05%).

Evidențierea substanțelor proteice

Mod de lucru ● Urina normală nu conține substanțe proteice în afară de urme rezultate din degradarea unor celule epiteliale descuamate de pe traiectul căilor urinare. În unele cazuri patologice, în care starea nefronilor este afectată, pot să apară în urină cantități mari de proteine provenite din sînge.

Pierderea de proteine poate fi controlată prin următoarele probe : În lipsa unei urine patologice, conținînd albumină, se poate prepara prin adăugirea a 2—3 ml dintr-o soluție de albumină de 100 ml urină normală (soluția de albumină se prepară dintr-un albuș de ou bătut cu 50 ml apă).

● *Proba cu acid acetic.* Se ia o probă de 10 ml urină într-o eprubetă. Se controlează reacția sa cu hîrtie de turnesol. Dacă este alcalină se acidulează cu acid azotic. Se încălzește la fierbere și apoi se adaugă încet cîteva picături de acid acetic 10%. Albumina precipită și urina se tulbură.

● *Proba cu ferocianură de potasiu.* Se acidulează o probă de urină cu acid acetic și apoi se adaugă cîteva picături dintr-o soluție de ferocianură de potasiu 10%. Se produce o tulburare și un precipitat. Această reacție este foarte sensibilă (0,02%).

F. GLANDELE CU SECREȚIE INTERNĂ

Glandele endocrine sînt : tiroida, paratiroidele, timusul, suprarenalele, hipofiza și epifiza, pancreasul endocrin, ovarul și testiculul. Acestea secretă substanțe denumite hormoni, care difuzează în sînge și transportate pe această cale la distanțe mari, pot acționa ca agenți stimulatori sau inhibitori ai unor funcții metabolice.

Localizarea, morfologia și structura glandelor endocrine

Efectuînd o disecție la iepure se pot pune în evidență relativ ușor toate glandele endocrine.

Mod de lucru ● Se sacrifică animalul cu cloroform sau eter prin narcoză intensă ; se fixează în tavă și se face o incizie pe linia mediană ventrală ; se îndepărtează parțial tegumentul apoi se pătrunde în cavitatea corporală, se descoperă pe rînd glandele.

1. Glanda tiroidă

Se disociază aponevrozele și musculatura din regiunea mediană ventrală a gîtului. Se lucrează în teritoriul încadrat de cele două vene jugulare externe, de osul hioid și de mușchii sternohioidieni și tiroidieni. Degajînd partea ventrală a traheei se descoperă, de o parte și de alta a cartilajului tiroid, două formații ovalare alungite (v. **planșa VIII** și fig. 134). Sînt glandele tiroide, care, la acest animal, nu formează un organ unitar, cele două glande fiind legate printr-o porțiune îngustă, fără structură glandulară. Glandele se recunosc ușor după coloratia lor roșie-violacee, care contrastează cu țesuturile înconjurătoare. Se extirpă glandele și se examinează cu lupa. Se examinează la microscop lame prezentînd structura microscopică a glandei tiroide.

În cazul cînd se operează pe viu cu intenția de a extirpa tiroida, fără ca animalul să moară, atunci se controlează narcoza, se lucrează în mediu aseptic, se separă paratiroidele (superoexterne) pentru a nu fi îndepărtate odată cu tiroida și se evită hemoragiile prin aplicarea unor legături pe arterele tiroidiene

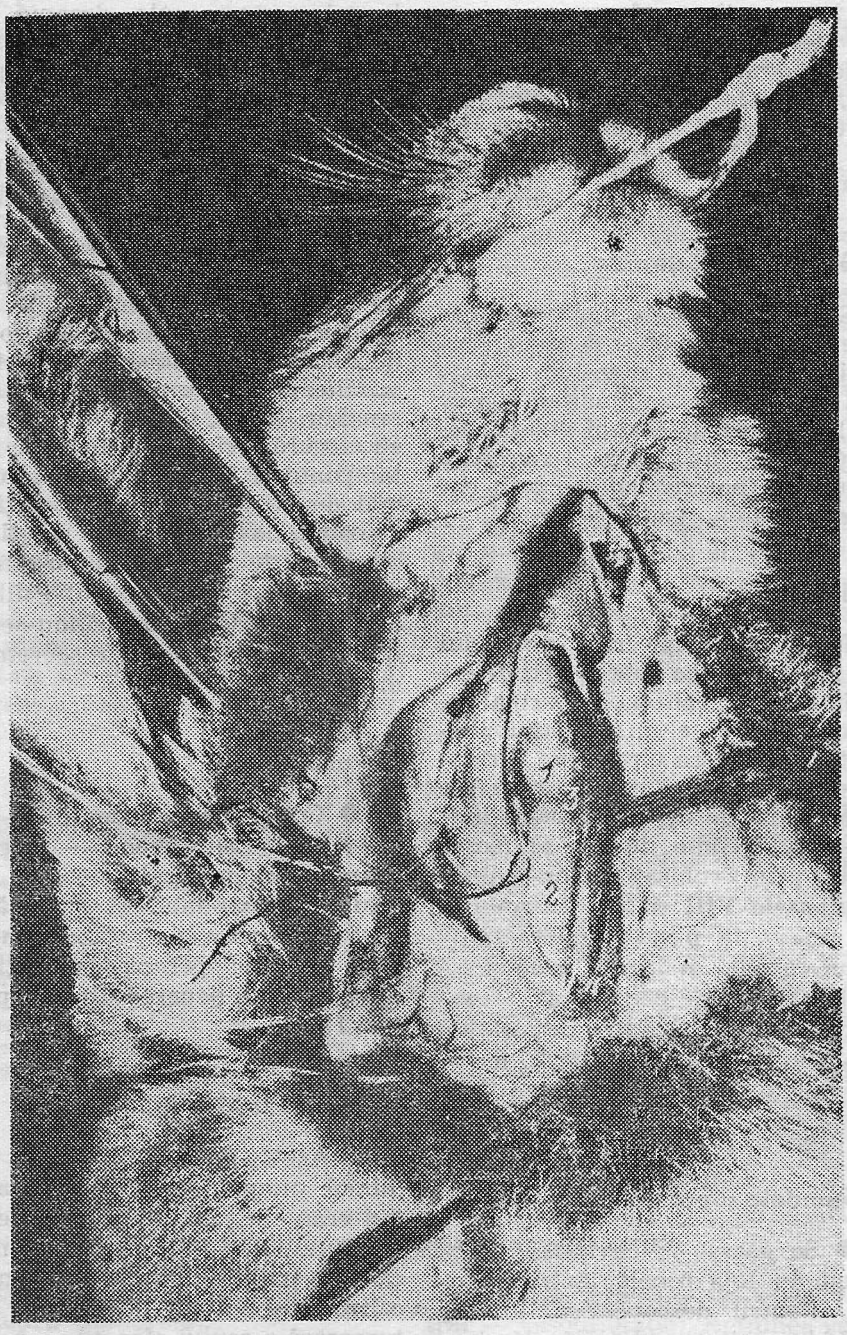


Fig. 134.

Topografia glandei tiroide la iepure :

1 – laringele ;
2 – traheea ;
3 – glanda tiroidă.

(superioară și inferioară). O asemenea intervenție se face cu succes mai ales la puii de iepure. Efectele tiroidectomiei se văd după cîteva luni, deosebirea față de martori este foarte evidentă, animalele operate sînt mai slab dezvoltate (v. și **planșa VIII**).

2. Glandele paratiroide

Sînt în număr de două perechi : o pereche superoexternă și una inferointernă. Au dimensiuni foarte mici (cît gămălia unui ac sau bob de mac) și aderă de corpul glandei tiroide corespunzătoare. Examinate cu lupa se pot recunoaște prin culoarea lor albă, strălucitoare.

3. Timusul

Pentru descoperirea timusului este necesar să se coboare cu disecția în lungul traheei, în partea superioară a toracelui, în spațiul mediastinal unde se observă o formațiune de aspect limfoid, care se poate confunda ușor cu o masă lunguiață de grăsime, de care se deosebește prin coloratia roz-cenușie (v. **planșele VIII și IX**). La animalele tinere, în plină dezvoltare, timusul coboară mai mult în mediastinul superior. Se poate degaja complet și examina cu lupa. Se observă mai bine la animalele tinere, deoarece la animalele mai bătrîne suferă un proces de involuție.

4. Glandele suprarenale

● Se găsesc în cavitatea abdominală în loja renală, extraperitoneal. Pentru descoperirea lor se deschide cavitatea abdominală și se îndepărtează tractusul digestiv. Se văd rinichii și se descoperă, în apropierea polilor rostrali ai acestora, cele două suprarenale de culoare gălbuie cu o poziție asimetrică și inegale ; suprarenala dreaptă este situată mai sus și mai departe de rinichi, iar cea stîngă (v. **planșa XVI**), mai jos și mai aproape.

Se extirpă ambele glande și se examinează cu lupa. Se secționează cu o lamă sau bisturiu. Pe secțiune se văd două componente : corticosuprarenala și medulosuprarenala. Distincția este netă dacă se aplică pe secțiune un tampon îmbibat cu o soluție de clorură ferică sau soluție de bicromat de potasiu. După cîteva minute, partea medulară se colorează în verde, dacă a fost tratată cu clorură ferică, sau în brun, dacă tamponul a fost îmbibat cu bicromat de potasiu. Aceleași reacții de culoare se obțin dacă în soluția de bicromat de potasiu se adaugă cîteva picături dintr-o soluție diluată de adrenalină, demonstrîndu-se astfel că acest hormon este secretat de medulosuprarenală.

5. Pancreasul

● Componenta endocrină — insulele lui Langerhans — se poate examina numai microscopic. Este totuși recomandabil să se vadă aspectul macroscopic, atunci cînd se face disecția, pentru evidențierea topografică a pancreasului (v. **planșa VI**).

6. Epifiza și hipofiza

● Aceste două glande pot fi examinate numai după deschiderea cutiei craniene, ele fiind strîns legate de diencefal. În diencefal identificăm pe partea ventrală hipofiza localizată într-o lojă fibroasă pe șaua turcească a osului sfenoid.

Epifiza sau corpul pineal de formă conică este situată în șanțul median dintre colicului cvadrigemeni superiori.

Acțiunea stimulatoare a hormonilor

Dat fiind că hormonii intervin în procese metabolice, dar al căror efect nu apare imediat, în școală nu se pot face prea multe experiențe cu acești biocatalizatori. Cu toate acestea, unele demonstrații sînt posibile și recomandabile, fapt pentru care le descriem mai jos.

Acțiunea adrenalinei asupra melanoforilor

Mod de lucru ● Melanoforii sînt celule pigmentare care conțin o substanță de culoare neagră — melanina. La unele animale (pești, batracieni), melanoforii sînt foarte răspîndiți în tegument. Aceștia, fiind sub control nervos și umoral, expansiunea pigmentului în interiorul celulelor poate varia foarte mult. Se țin cîteva exemplare mai mari de crap, de o vară, într-un acvariu, într-o cameră nu prea luminată. Se observă că tegumentul este de culoare închisă, dar dacă unora dintre exemplare li se injectează o mică cantitate de adrenalină, se constată că această colorație se schimbă, se deschide, pe cînd la animalele martori rămîne nemodificată.

Explicația fenomenului se poate dobîndi scoțînd cu pensa, de la un exemplar colorat, cîțiva solzi și examinîndu-i la microscop. Se observă că pigmentul este răspîndit în tot corpul și prelungirile melanoforului (fig. 135). Dacă se aplică pe solzul examinat o picătură dintr-o soluție diluată (1/2 000 000) de adrenalină, se constată că pigmentul se retrage în mod treptat din prelungirile melanoforului și se concentrează în corpul celular, devenind punctiform. După spălarea adrenalinei cu ser fiziologic, pigmentul se etalează din nou în tot cuprinsul celulei.

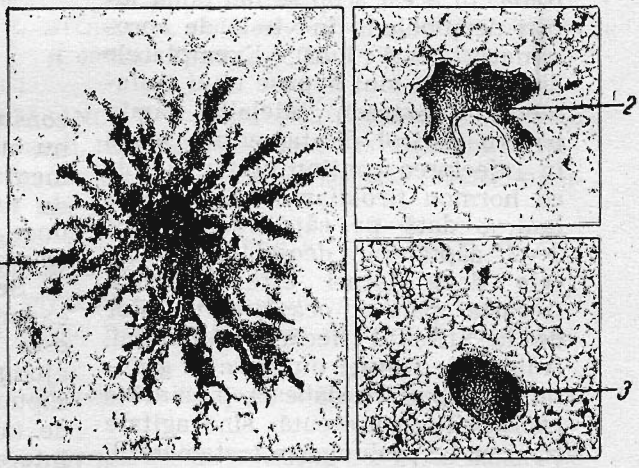


Fig. 135.

Acțiunea adrenalinei asupra unui melanofor dintr-un solz de crap :

1 – melanoforul cu pigmentul răspîndit în prelungirile sale ;
2 – faza de concentrare a pigmentului ;
3 – melanofor cu pigmentul aglomerat în centru.

În legătură cu această demonstrație mai notăm și faptul că hipofiza, secretă un hormon melanostimulator care provoacă expansiunea melanoforilor.

Acțiunea adrenalinei asupra capilarelor

Mod de lucru ● Adrenalina provoacă, în general, vasoconstricție (în doze foarte diluate și în cazul unor anumite teritorii vasculare, adrenalina provoacă un efect contrar — vasodilatație). Acțiunea vasoconstrictoare a adrenalinei poate fi demonstrat astfel :

— se prepară o broască pentru observarea circulației capilare. Cînd fenomenul se observă bine se aplică

o picătură dintr-o soluție de adrenalină (1/1 000 000) pe porțiunea de preparat care se găsește sub obiectivul microscopului și se continuă observarea. Se constată că, în scurt timp, vasele își micșorează lumenul și, ca urmare, circulația se oprește cu totul în unele teritorii. După spălarea adrenalinei efectul dispare, circulația revenind la normal.

Acțiunea extractului de tiroidă asupra dezvoltării șobolanilor

Mod de lucru ● Hormonul tiroidian este necesar pentru dezvoltarea normală a puilor de mamifere. Într-o hipo- sau hipertiroidie, dezvoltarea nu se mai produce normal. În hipertiroidie se produce o tireotoxicoză ce se manifestă printr-o slăbire și prin alte tulburări ce duc, în cîteva săptămîni, la moartea animalului.

Se poate provoca tireotoxicoză prin administrarea de extract de tiroidă. În acest scop se iau două loturi de șobolani (în vîrstă de aproximativ două luni). Exemplarele dintr-un lot sînt supuse unui tratament cu extract, celelalte rămîn pentru control. Tratamentul constă în injectarea conținutului unei fiole cu hormon tiroidian la cinci șobolani, o dată pe săptămînă. După 3—4 săptămîni deosebirea dintre cele două loturi este evidentă. Aceasta apare cu ocazia cîntăririlor de la sfîrșitul fiecărei săptămîni. Animalele tratate nu cresc în greutate (dimpotrivă slăbesc), prezintă o excitabilitate crescută, sînt agitate și, dacă se prelungește tratamentul, mor în stare de slăbire excesivă.

Acțiunea tiroidei asupra mormolocilor de broască

Mod de lucru ● Se recoltează primăvara mormoloci de broască și se repartizează în loturi care se țin în acvarii diferite. Li se administrează drept hrană — carne proaspătă tocată foarte fin (resturile neconsumate se scot în aceeași zi ca să nu altereze apa). Lotului experimental i se adaugă în hrană și praf de tiroidă (obținut prin triturarea unor drajeuri din comerțul farmaceutic).

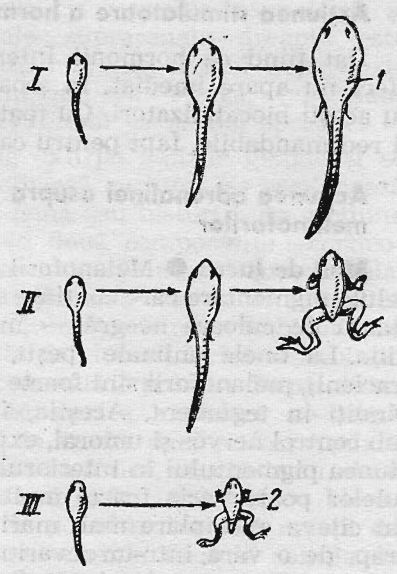


Fig. 135.

Acțiunea glandei tiroide asupra metamorfozei broaștei :

I — metamorfoza a fost suprimată prin tiroidectomie ;
II — metamorfoză normală ;
III — metamorfoză precoce prin ingestie de tiroidă :
1 — mormoloc gigant ;
2 — broască pitică.

Se constată că metamorfoza exemplarelor care primesc tiroidă este mult accelerată (fig. 136), ajungîndu-se ca în curs de cîteva săptămîni să se obțină forme adulte de talie mică. Această experiență interesantă și instructivă este indicată pentru „colțul naturii vii".

La un alt lot de mormoloci se administrează tiouracil, substanță care inhibă procesul enzimatic necesar utilizării iodului în sinteza tiroxinei, pentru a realiza o hipotiroidie prin tiroidectomie farmacologică. Se vor obține mormoloci de talie mare, metamorfoza fiind foarte întîrziată față de lotul martor.

BIBLIOGRAFIE

1. BENETATO, GR. (sub redacție). *Elemente de fiziologie normală și patologică.* București, Editura medicală, 1962.
2. BACIU, I. *Fiziologia.* București, Editura didactică și pedagogică, 1970.
3. BRESSE G. *Morphologie et physiologie animales.* Paris, Librairie Larousse, 1968.
4. CZOPP, H. (și colaboratorii). *Lucrări practice și metode experimentale de fiziologie.* București, Editura medicală, 1958.
5. DIACONIȚĂ, GH. (și colaboratorii). *Tehnica histologică.* București, Editura de stat pentru literatură științifică, 1953.
6. KONDI, V. *Metodele laboratorului clinic.* București, Editura medicală, 1964.
7. LASCOMBES. *Manuel de travaux pratiques de physiologie animale et végétale.* Paris, Librairie Hachette, 1968.
8. PAPILIAN, V. (și colaboratorii). *Manual practic de disecții.* București, Editura medicală, 1959.
9. PICOȘ, C., CHENTZBRAUN E., STOICA M. *Îndrumător pentru lucrări practice de fiziologia animalelor și omului.* Centrul de Multiplicare al Universității din București, 1971.
10. PORA, E., ROȘCA, D., FĂRCĂȘANU, V. *Tehnica pentru lucrări practice de fiziologia animală.* București, Litografia Ministerului Învățământului, 1955.
11. RANGA, V., TEODORESCU EXARCU I. *Anatomia și fiziologia omului.* București, Editura medicală, 1969.
12. SPRANGER, KLAUS. *Experiență model de mecanică a respirației la om.* În: „Biologie in der Schule" nr. 5/1969, p. 231—232.
13. ȘANTA, N., BOGOESCU, C., STOICA, M. *Demonstrații și lucrări practice de zoologie, anatomie, fiziologie.* București, Editura didactică și pedagogică, 1962.
14. VOICULESCU, I., PETRICU, I. *Anatomia și fiziologia omului.* București, Editura medicală, 1971.
15. ZILOV, N. G. (sub redacție). *Lucrări practice de fiziologie.* București, Editura de stat pentru literatură științifică, 1954.

CUPRINS

Introducere 3

I. **EXPERIENȚELE DIDACTICE DE ANATOMIE ȘI FIZIOLOGIE ANIMALĂ. ROLUL LOR** 5

II. **APARATE ȘI UTILAJE NECESARE EFECTUĂRII EXPERIENȚELOR DE ANATOMIE ȘI FIZIOLOGIE** 8

III. **ANIMALELE DE LABORATOR ȘI CONTENȚIA LOR** 10
A. **Imobilizarea mecanică** 10
B. **Imobilizarea farmacologică** ... 14

IV. **INDICAȚII PRIVIND STUDIUL CELULEI ȘI AL ȚESUTURILOR** 17

A. **Celula** 17
1. Comparație între celula vegetală și animală 17
2. Fiziologia celulei 19
a. Excitabilitatea 19
b. Mișcarea 20
c. Hrănirea 21
d. Respirația celulară 22
e. Permeabilitatea 23
f. Difuziunea 23
g. Osmoza 24
B. **Țesături animale** 24
1. Tehnica histologică 25
a. Recoltarea 25
b. Fixarea 25
c. Includerea 26
d. Secționarea 26
e. Colorarea 27
2. Fiziologia țesuturilor 27
Respirația tisulară 27

V. **LUCRĂRI ÎN LEGĂTURĂ CU FUNCȚIILE DE RELAȚIE** 30

A. **Scheletul** 30
1. Tipuri de oase 30
2. Metode de preparare a scheletului 30
a. Procedeul macerării ... 30
b. Procedeul curățirii prin furnici 31
c. Procedeul curățirii manuale 31
3. Structura macroscopică a oaselor 33
4. Compoziția chimică a osului
a. Evidențierea substanțelor organice din os 34
b. Evidențierea substanțelor minerale din os 35
5. Strustura microscopică a osului 37
6. Articulațiile 39
B. **Mușchii** 40
1. Observarea mușchilor somatici la iepure 41
2. Observarea mușchilor somatici la broască 43
3. Structura macroscopică a mușchilor striați 43
4. Structura microscopică a mușchilor striați 44
5. Structura macroscopică a mușchilor netezi 45
6. Structura microscopică a mușchilor netezi 46
7. Fiziologia mușchilor 47
a. Extensibilitatea și elasticitatea musculară 47
b. Excitabilitatea musculară 51
c. Contractilitatea musculară 54

SISTEMUL NERVOS 72

A. **Studiul organizării generale a sistemului nervos central prin disecția unui mamifer** 72

B. **Structura macroscopică a organelor nervoase** 73

1. Izolarea măduvei spinării 73

2. Observarea organelor cerebrale 74

C. **Structura microscopică a organelor nervoase** 75

a. Observarea fibrei nervoase ... 76

b. Disocierea celulelor nervoase din coarnele anterioare ale măduvei spinării 76

D. **Proprietățile nervilor** 76

E. **Acțiunea tonogenetică a stricninei asupra centrilor nervoși** 78

F. **Nervii spinali. Demonstrarea proprietăților rădăcinilor nervului spinal** 80

G. **Reflexele medulare** 81

a. Reflexele exteroceptive — legile lui Pflüger 82

b. Reflexele proprioceptive — reflexe simple 86

c. Acțiunea inhibitoare a centrilor superiori asupra centrilor medulari 89

d. Efectele lezării spinale asupra funcțiilor vegetative ... 90

H. **Bulbul rahidian** 92

1. Structura macroscopică și microscopică a bulbului rahidian 92

2. Importanța fiziologică a bulbului rahidian 92

I. **Cerebelul — structura macroscopică și microscopică, importanța lui fiziologică** 93

J. **Creierul mare — morfologia și structura lui** 94

Elaborarea unui reflex condiționat 94

Analizatorii 97

A. **Analizatorul cutanat** 97

1. Determinarea sensibilității tactile 97

a. Determinarea sensibilității la contact 98

b. Determinarea sensibiltății la presiune 98

2. Determinarea sensibilității termice 100

B. **Analizatorul olfactiv** 101

Olfactometria 101

C. **Analizatorul gustativ** 102

D. **Analizatorul vizual** 103

Acomodarea ochiului 105

1. Reflexul pupilar 106

2. Acomodarea pentru vederea obiectelor situate la diferite distanțe 107

3. Formarea imaginilor retiniene 111

4. Vederea cromatică 115

5. Percepția mișcării 116

Iluzii optice 117

E. **Analizatorul acustic** 118

Structura urechii interne și mijlocii 118

Rolul pavilionului urechii ... 119

Acuitatea auditivă 122

Transmiterea vibrațiilor 123

F. **Aparatul acusticovestibular** ... 123

Reflexele vestibulare la broască 123

Extirparea aparatului vestibular la broască 124

Probe vestibulare elementare la om 125

Reacția la rotire 126

Excluderea farmacologică a funcției labirintului 127

G. **Analizatorul motor sau kinestezic** 128

H. **Demonstrarea enterorecepției** 129

VI. **LUCRĂRI PRACTICE ÎN LEGĂTURĂ CU FUNCȚIILE DE NUTRIȚIE** 130

A. **Sistemul digestiv și digestia** ... 130

Disecția tubului digestiv al unui mamifer 130

1. Cavitatea bucală 131

2. Stomacul 133

3. Intestinul 134

Activitatea motorie a intestinului 135

4. Pancreasul și rolul său fiziologic 136

5. Ficatul și rolul său fiziologic în digestie 137

Alimente. Compoziția lor ... 138
Vitaminele și rolul lor fiziologic 140
Absorbția intestinală 144

B. **Sistemul respirator și respirația** 145
1. Ansamblul anatomic al sistemului respirator 145
2. Punerea în evidență a detaliilor structurale ale organelor respiratorii 146
3. Respirația 147
Mecanica respiratorie 147
Identificarea prezenței dioxidului de carbon în aerul expirat 151
Punerea în evidență a consumului de oxigen 152
Măsurarea capacității vitale 154
Demonstrarea modului autoepurării de praf a căilor respiratorii 156

C. **Sîngele** 157
1. Observarea elementelor figurate 157
2. Hemostaza 159
Coagularea sîngelui 159
3. Fracțiunile proteinelor plasmatice 161
4. Evidențierea clorurilor din serul sanguin 162
Rezistența osmotică a critrocitelor. Hemoliza 162
Hemoglobina 164
Cristalizarea oxihemoglobinei 164
Obținerea cristalelor de oxihemoglobină din sîngele de cobai 164
Evidențierea fierului în sînge 165
Cristalizarea grupului prostetic al hemoglobinei (cristalele lui Teichmann) 165
Studiul spectroscopic al hemoglobinei și derivațiilor ei ... 166
Labilitatea trecerii sîngelui arterial în sînge venos și invers 167
Determinarea grupei sanguine 167

D. **Sistemul circulator și circulația** 169
Structura inimii 169
Observarea activității cardiace 170
Punerea în evidență a sistemului vascular 179
Rolul țesutului elastic în structura arterelor 180
Măsurarea tensiunii arteriale ... 181
Evidențierea pulsului arterial 182
Punerea în evidență a circulației capilare 183
Observarea diapedezei 186
Capilaroscopia 186
Rezistența capilară 186

E. **Sistemul excretor** 187
1. Studiul rinichiului de mamifer 187
2. Studierea compoziției urinei 188

F. **Glandele cu secreție internă** ... 190
Localizarea, morfologia și structura glandelor endocrine ... 190
1. Glanda tiroidă 190
2. Glandele paratiroide 192
3. Timusul 192
4. Glandele suprarenale 192
5. Pancreasul 192
6. Epifiza și hipofiza 192
Acțiunea stimulatoare a hormonilor 193

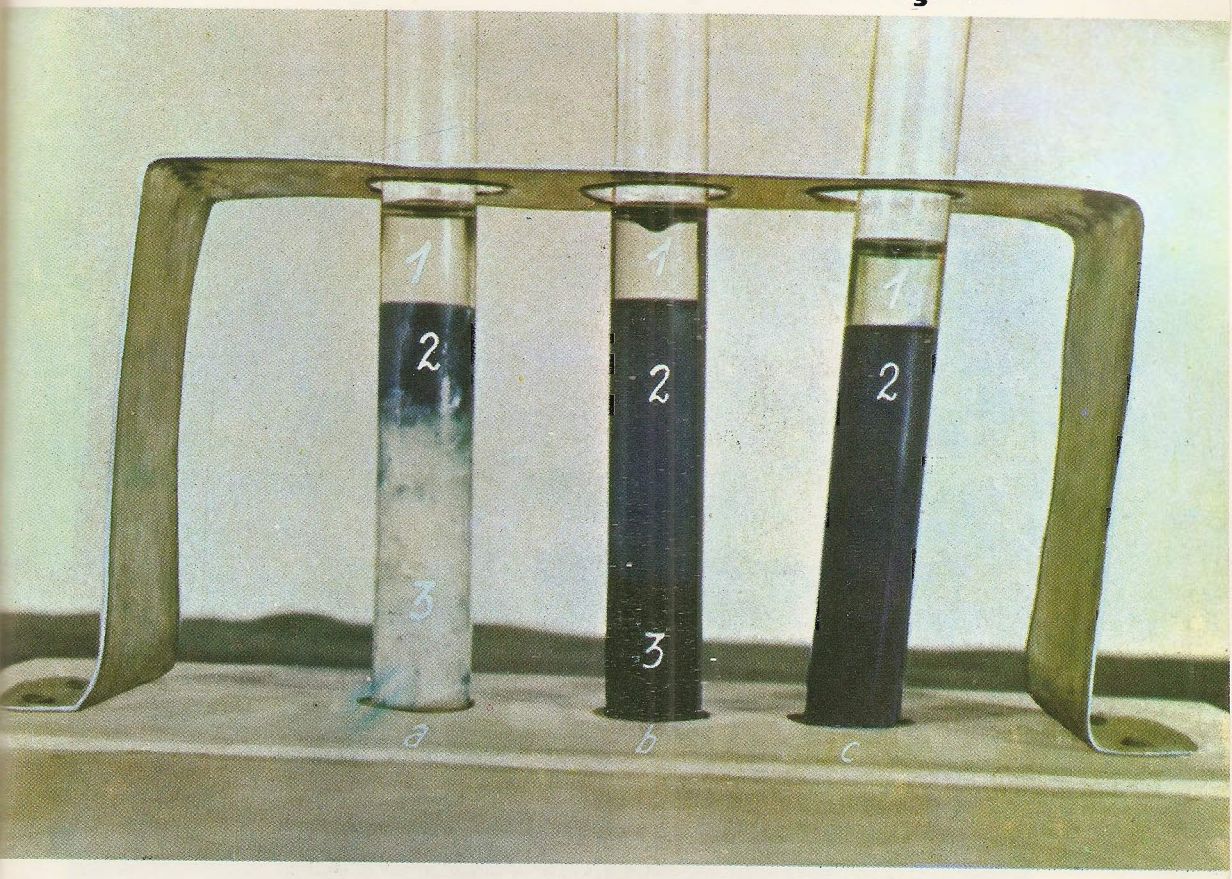
Bibliografie 195

Nr. plan: 6400. Coli de tipar: 12,50.
Bun de tipar: 6.05.1981. Ediția 1981.

Întreprinderea Poligrafică „Banat"
Timișoara, Calea Aradului nr. 1.
Republica Socialistă România.

Comanda nr. 144.

PLANŞA I

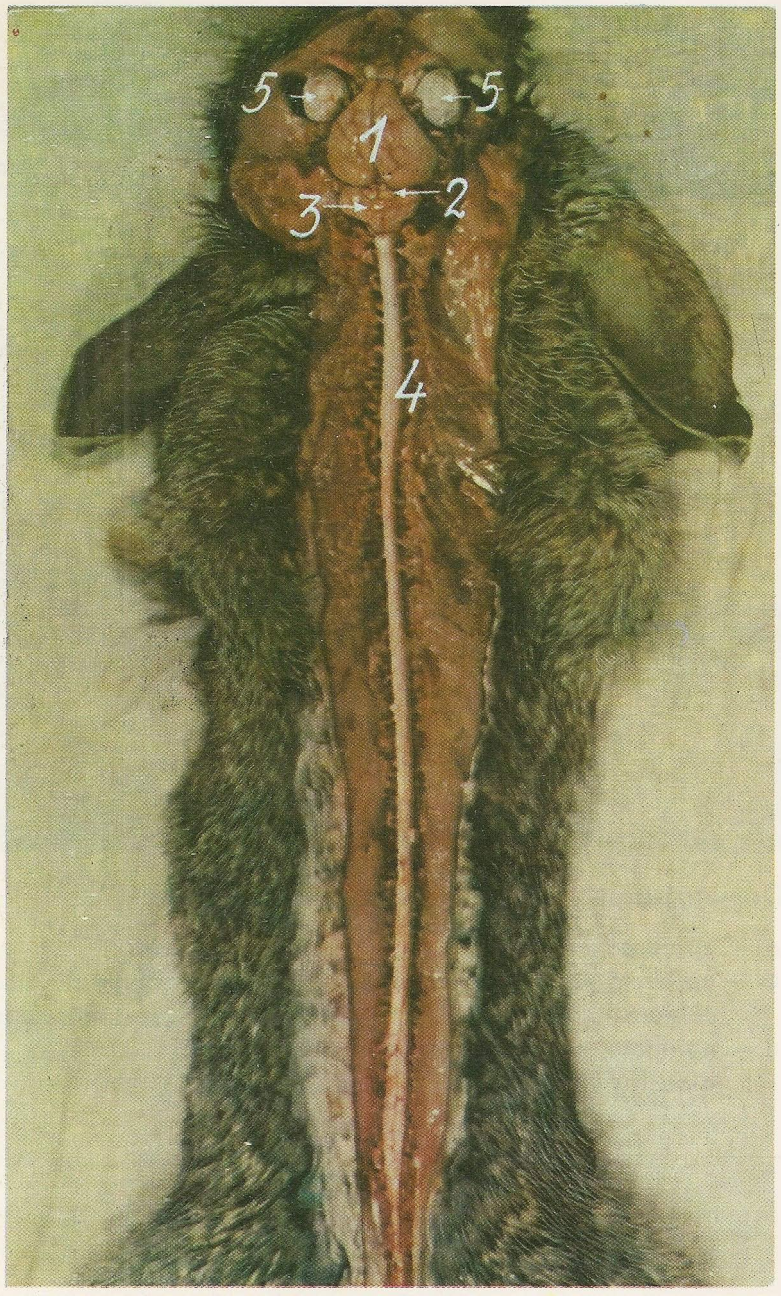


Demonstrarea respiraţiei ţesutului muscular :

a – **eprubetă cu ţesut viu ;**
b – **eprubetă cu ţesut inactivat prin căldură ;**
c – **eprubetă martor cu soluţie de albastru de metilen ;**

1 – **ulei ;**
2 – **soluţie de albastru de metilen ;**
3 – **ţesut muscular.**

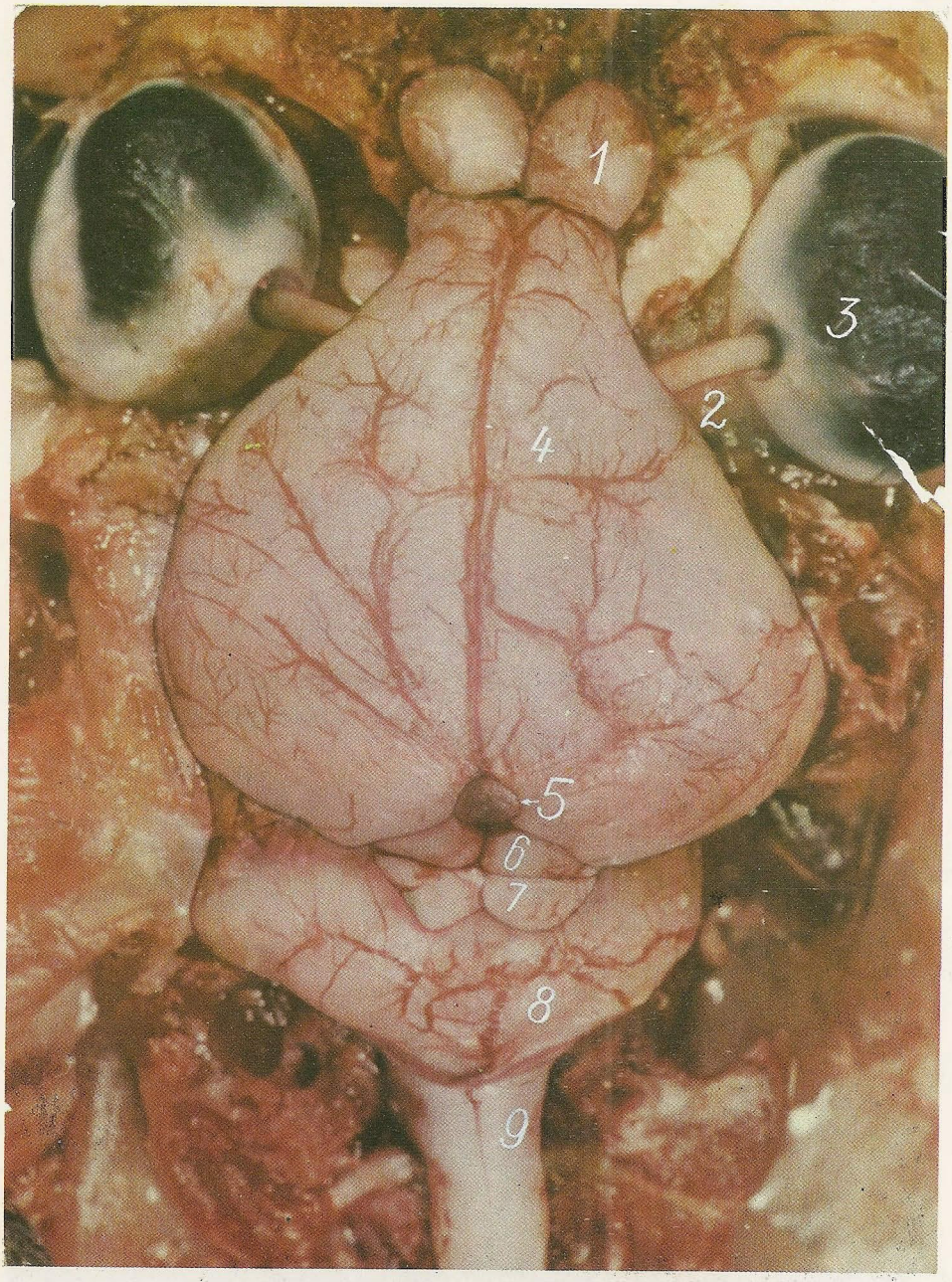
PLANŞA II



Axul cerebrospinal la iepure :

1 – **emisferele cerebrale ;**
2 – **colicului cvadrigemeni ;**
3 – **cerebelul ;**
4 – **măduva spinării ;**
5 – **globii oculari.**

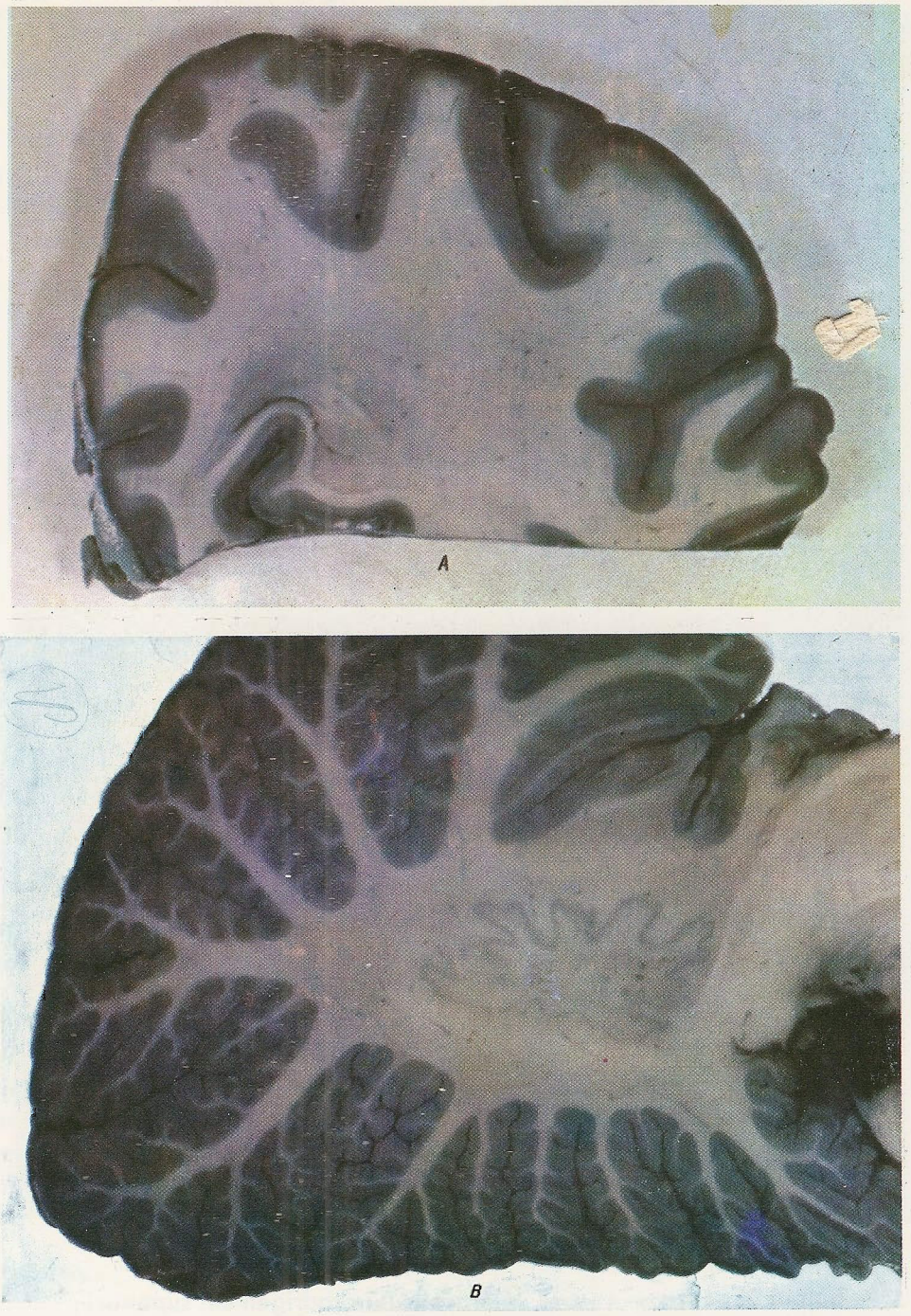
PLANŞA III



Morfologia externă-dorsală a encefalului de iepure :

1 – **bulbul olfactiv ;**
2 – **nervul optic ;**
3 – **globul ocular ;**
4 – **emisfera dreaptă ;**
5 – **epifiza ;**
6 – **colicului cvadrigemeni superiori ;**
7 – **colicului cvadrigemeni inferiori ;**
8 – **cerebelul ;**
9 – **bulbul rahidian.**

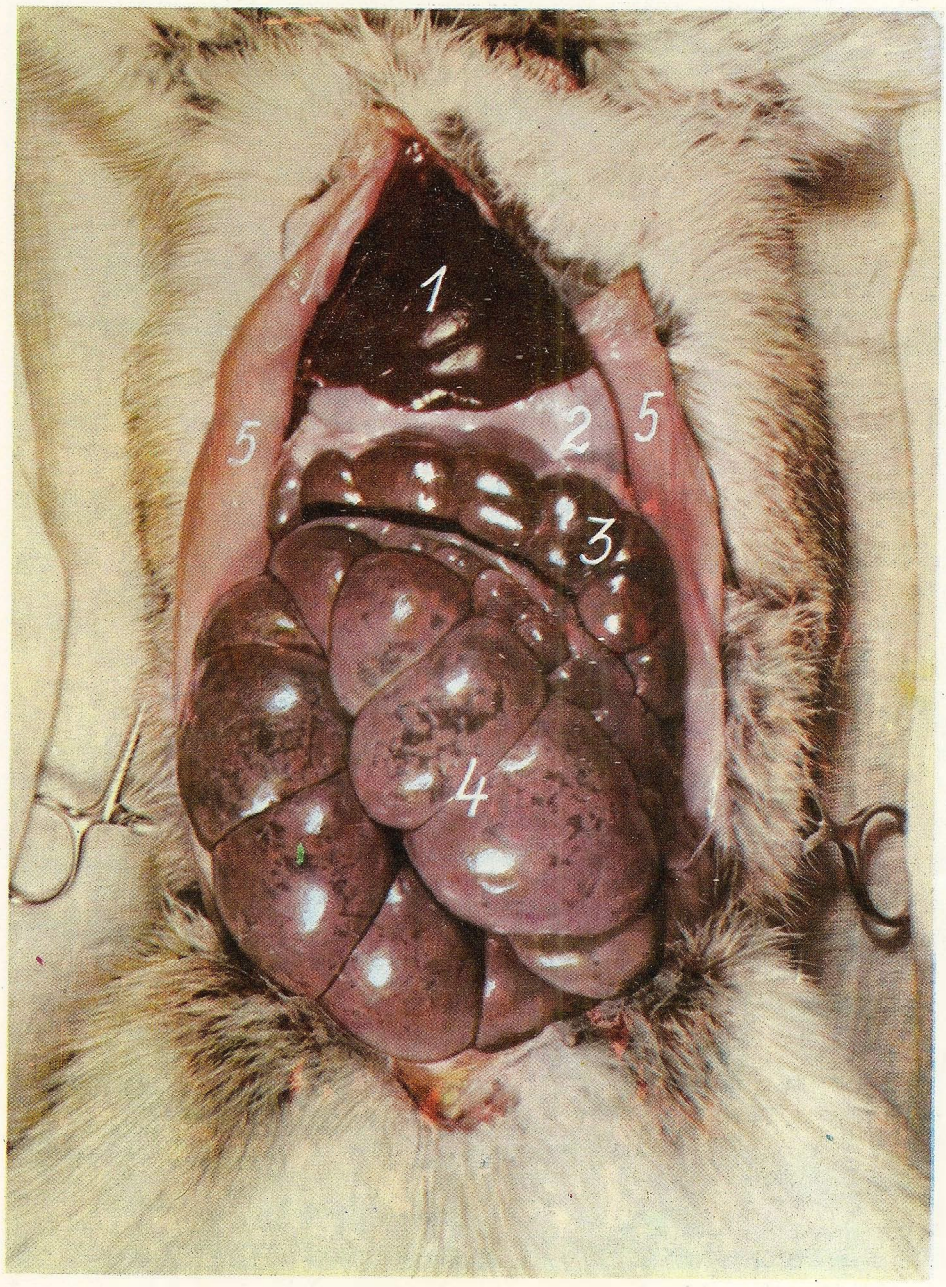
PLANŞA IV



Secțiune prin lobul frontal (A) și prin cerebel (B) la om.

Albastru de Prusia colorează mai intens substanța cenușie.

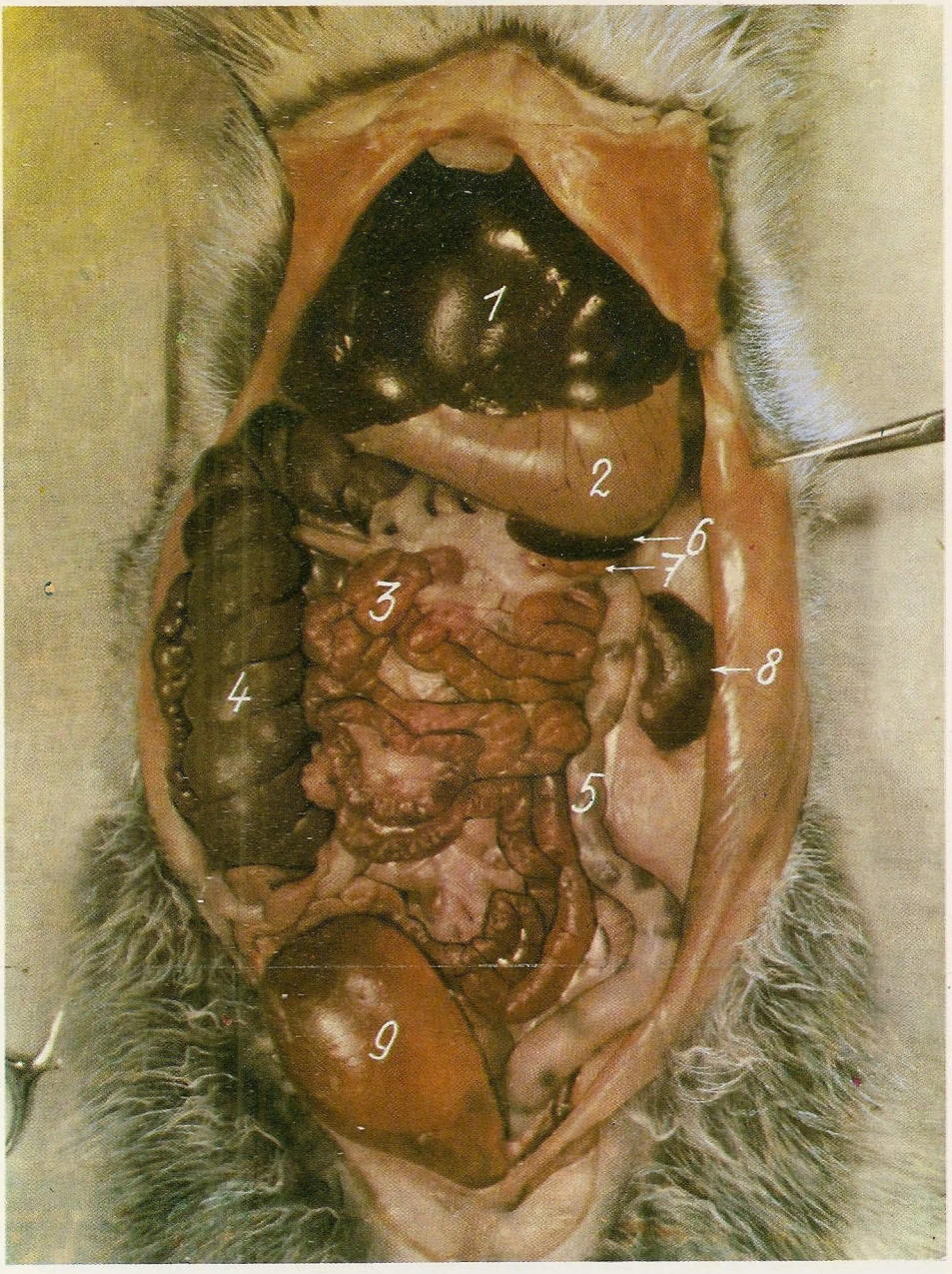
PLANŞA V



Laparatomie la iepure. Aspectul organelor în travaliu :

1 – **ficatul ;**
2 – **stomacul ;**
3 – **colonul transvers ;**
4 – **cecumul ;**
5 – **peretele muscular.**

PLANŞA VI



Laporatomie la iepure în inaniție :

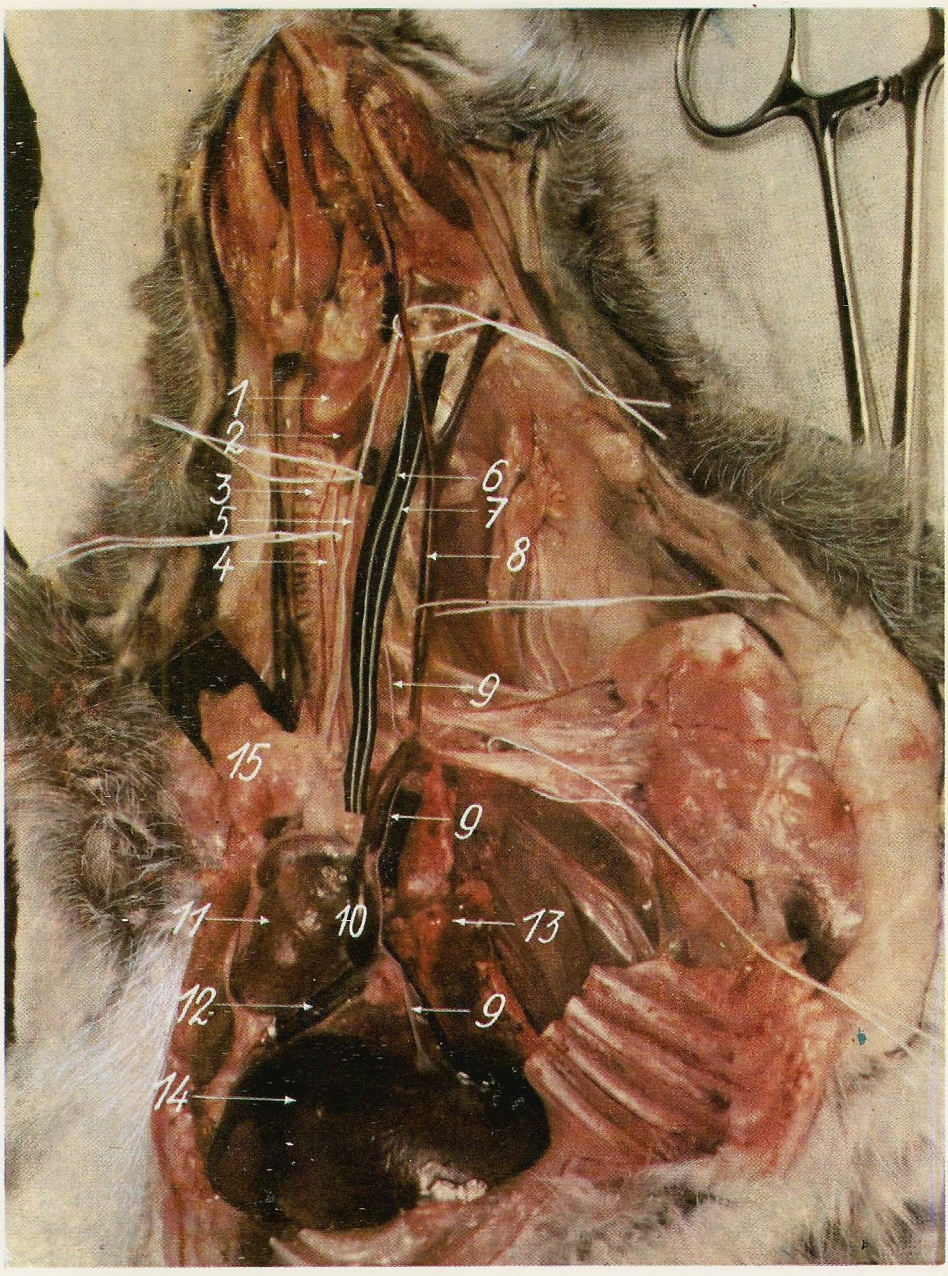
1 – **ficatul ;**
2 – **stomacul ;**
3 – **intestinul subțire ;**
4 – **cecumul ;**
5 – **colonul descendent ;**
6 – **splina ;**
7 – **pancreasul ;**
8 – **rinichii ;**
9 – **vezica urinară.**

PLANŞA VII

Insuflaţia plămînilor la iepure :

1 – **tub de cauciuc ;**
2 – **canulă de sticlă ;**
3 – **traheea ;**
4 – **plămînul drept ;**
5 – **inima.**

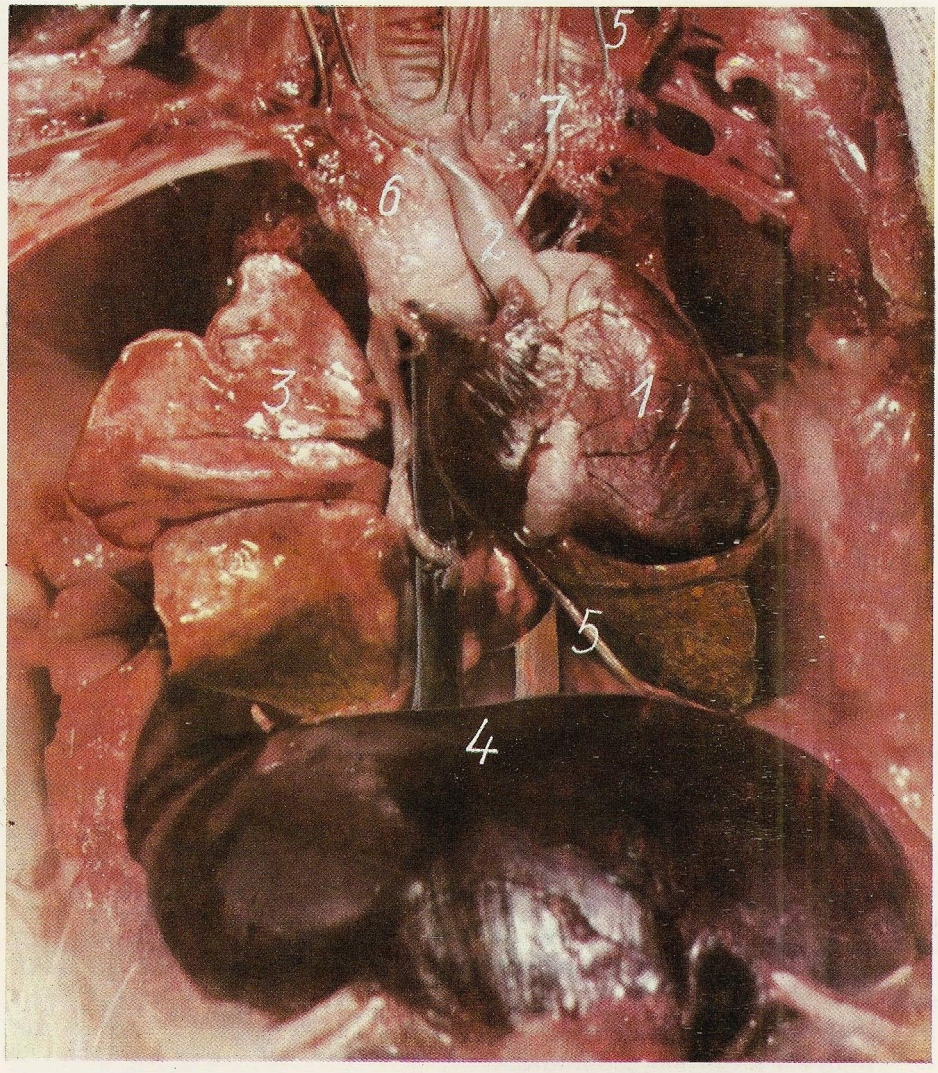
PLANŞA VIII



Disecția regiunii gîtului și a cavității toracice la iepure :

1 – **laringele ;**
2 – **tiroida ;**
3 – **traheea ;**
4 – **esofagul ;**
5 – **artera carotidă ;**
6 – **nervul depresor al inimii ;**
7 – **nervul vag ;**
8 – **vena jugulară ;**
9 – **nervul frenic ;**
10 – **confluența venelor cave ;**
11 – **inima ;**
12 – **vena cavă inferioară ;**
13 – **plămînul stîng ;**
14 – **diafragma ;**
15 – **timusul.**

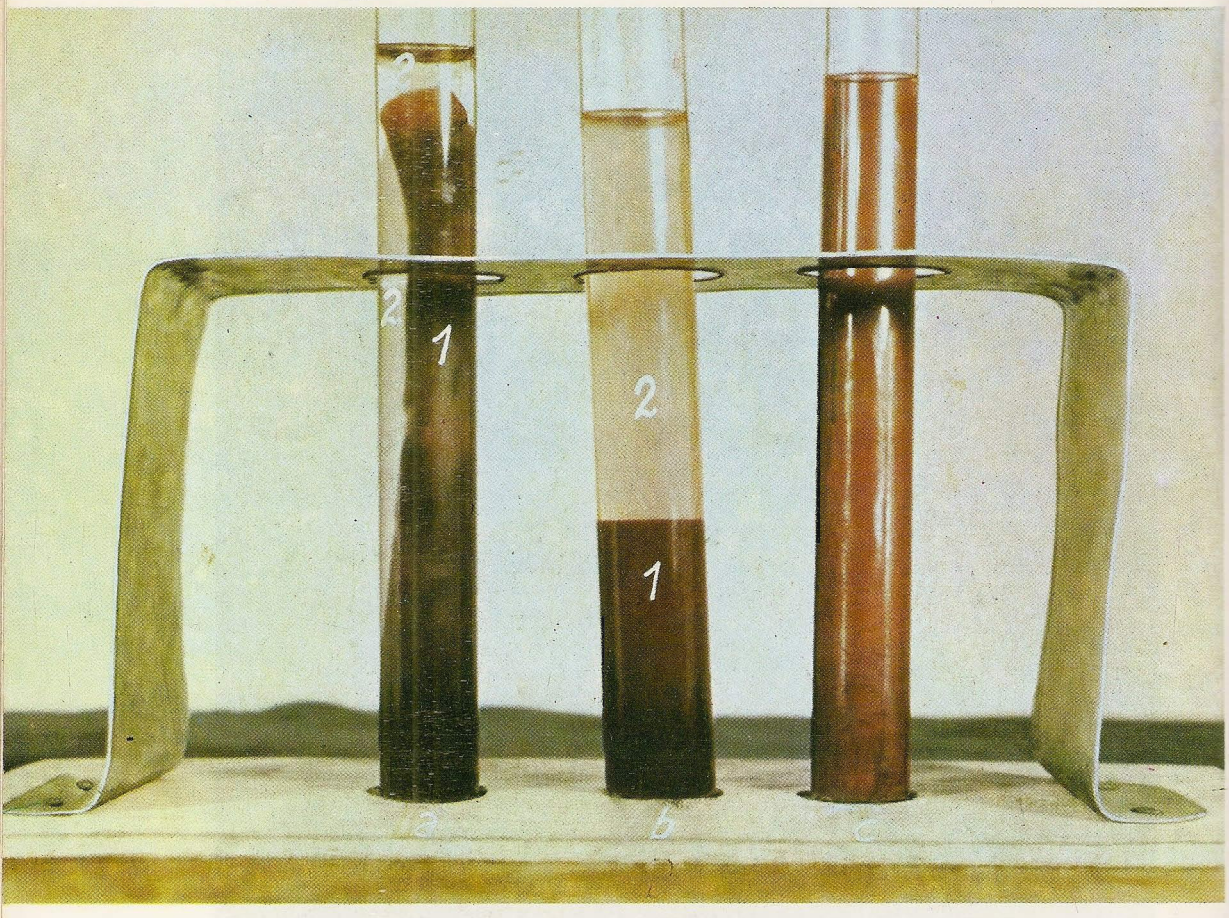
PLANŞA IX



Organele din cavitatea toracică la iepure :

1 – **inima ;**
2 – **crosa aortică ;**
3 – **plămînul drept ;**
4 – **diafragma ;**
5 – **nervul frenic ;**
6 – **timusul ;**
7 – **nervul vag.**

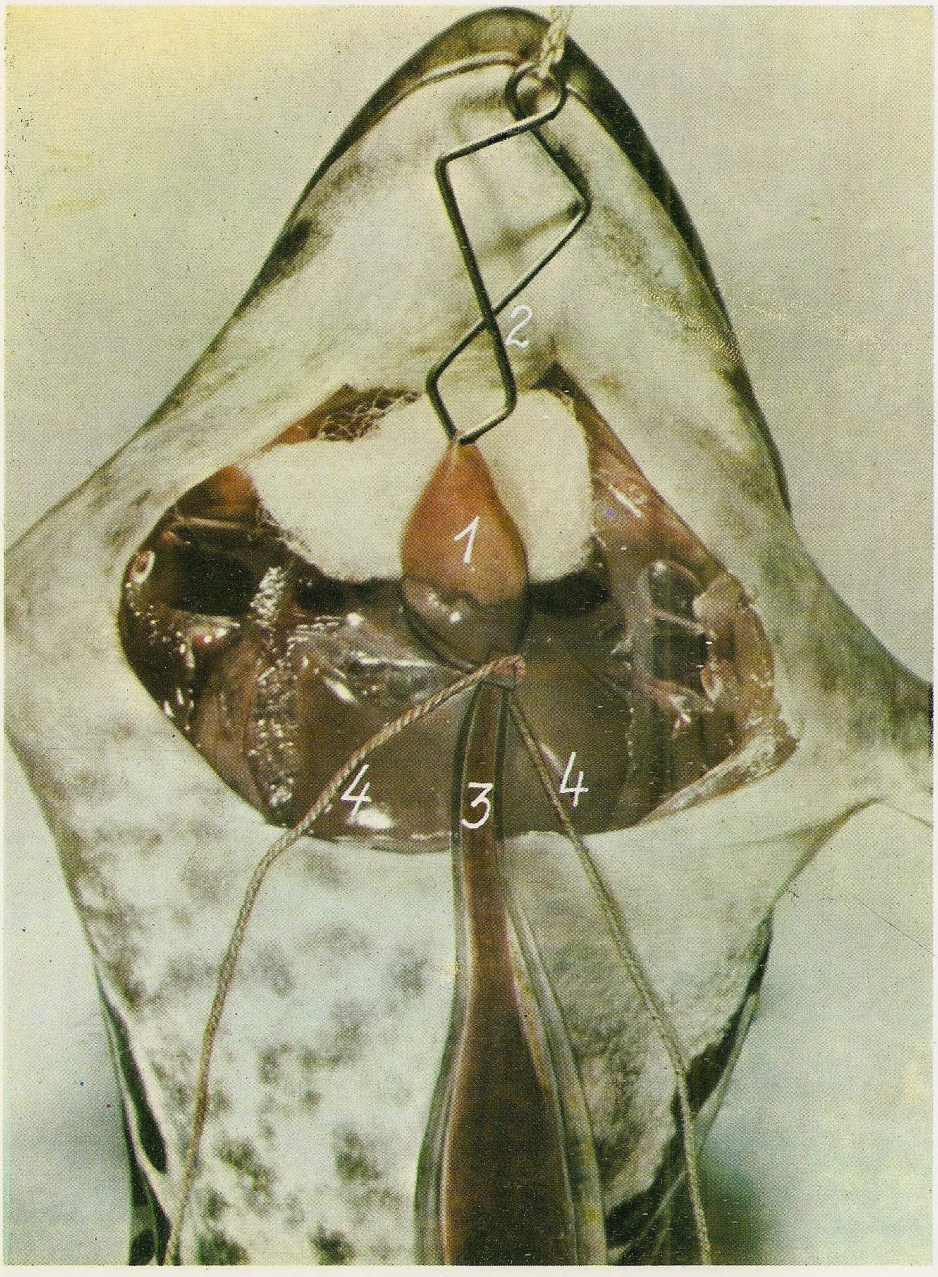
PLANŞA X



Componentele sîngelui :

a – **coagul** (1) **şi ser** (2) ;
b – **elementele figurate depuse la fund** (1) **şi plasma supernatant** (2) ;
c – **sînge necoagulabil.**

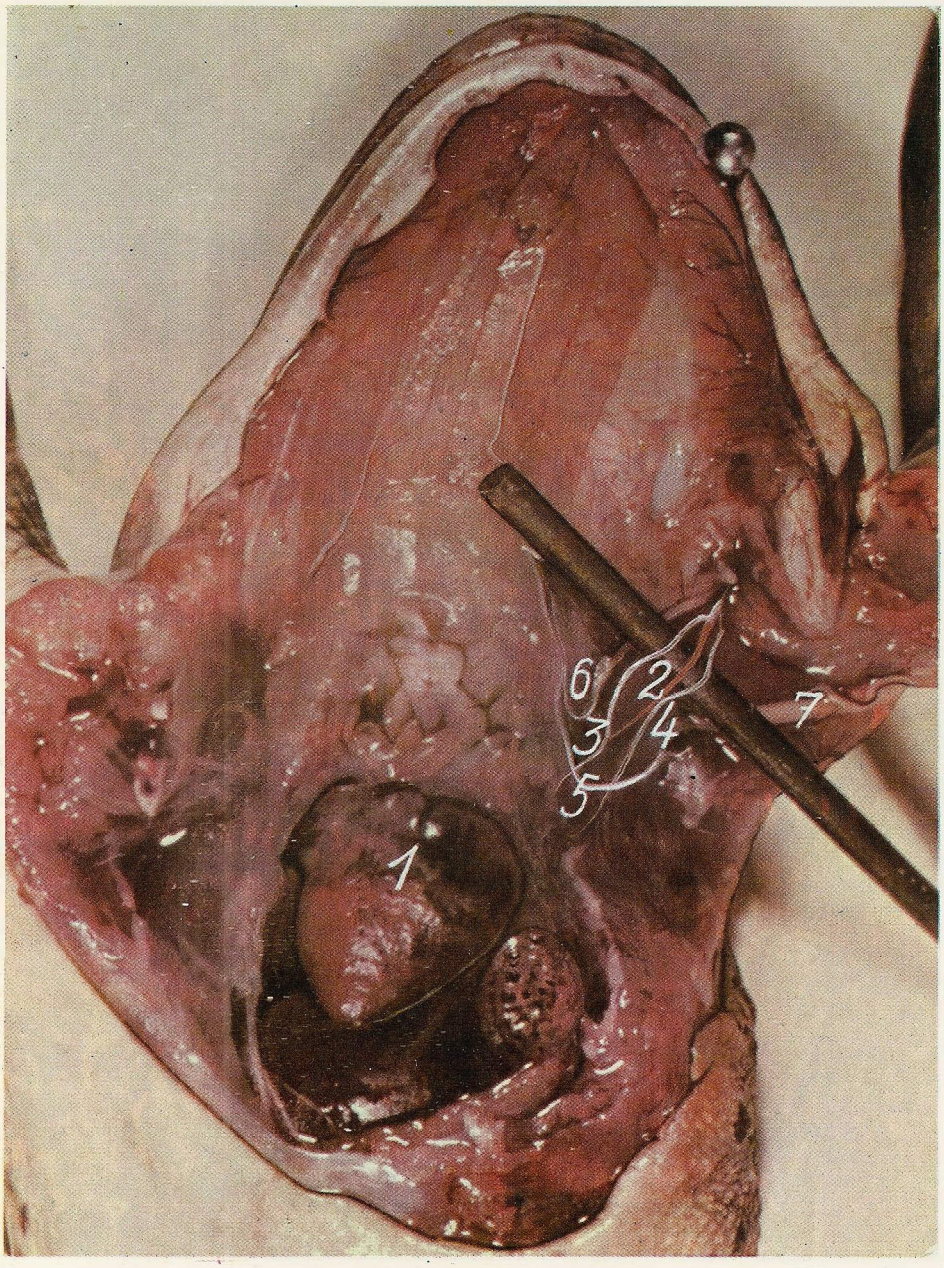
PLANŞA XI



Izolarea inimii de broască :

1 – **ventriculul ;**
2 – **serfină metalică ;**
3 – **vîrful canulei de sticlă introdus în sinusul venos şi fixat cu firul de aţă** (4).

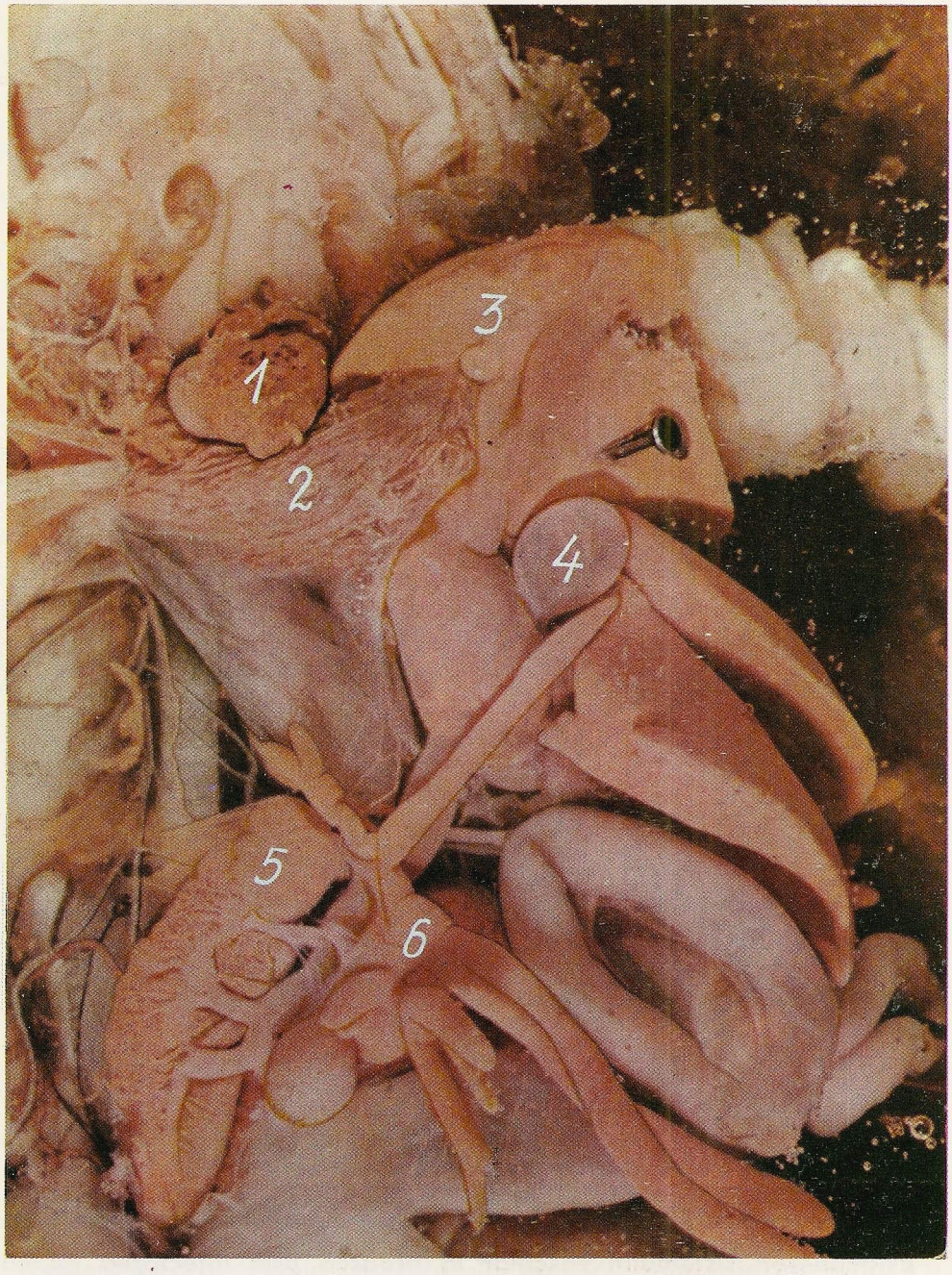
PLANŞA XII



Topografia și izolarea nervului vag la broască :

1 – **inima ;**
2 – **carotida ;**
3 – **nervul laringeu ;**
4 – **nervul vag ;**
5 – **nervul hipoglos ;**
6 – **nervul glosofaringian ;**
7 – **nervul brahial.**

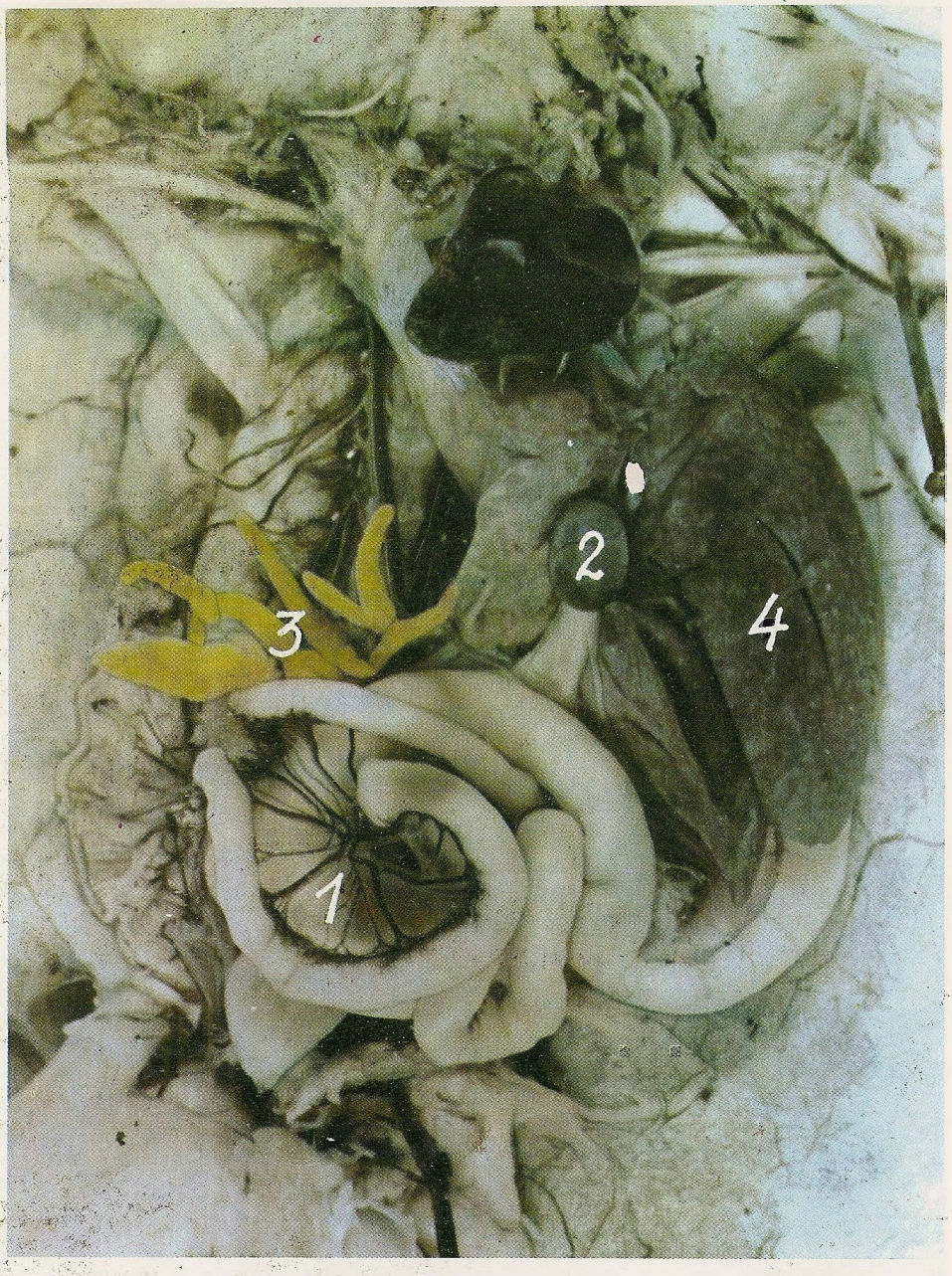
PLANŞA XIII



Evidențierea sistemului vascular la broască prin injectarea cu gelatină colorată cu bicromat de plumb :

1 – **inimă ;**
2 – **plămîn ;**
3 – **ficat ;**
4 – **vezică biliară ;**
5 – **rinichi ;**
6 – **corp galben.**

PLANŞA XIV



Evidențierea sistemului vascular la broască prin injectarea lui cu gelatină, colorată cu negru de fum :

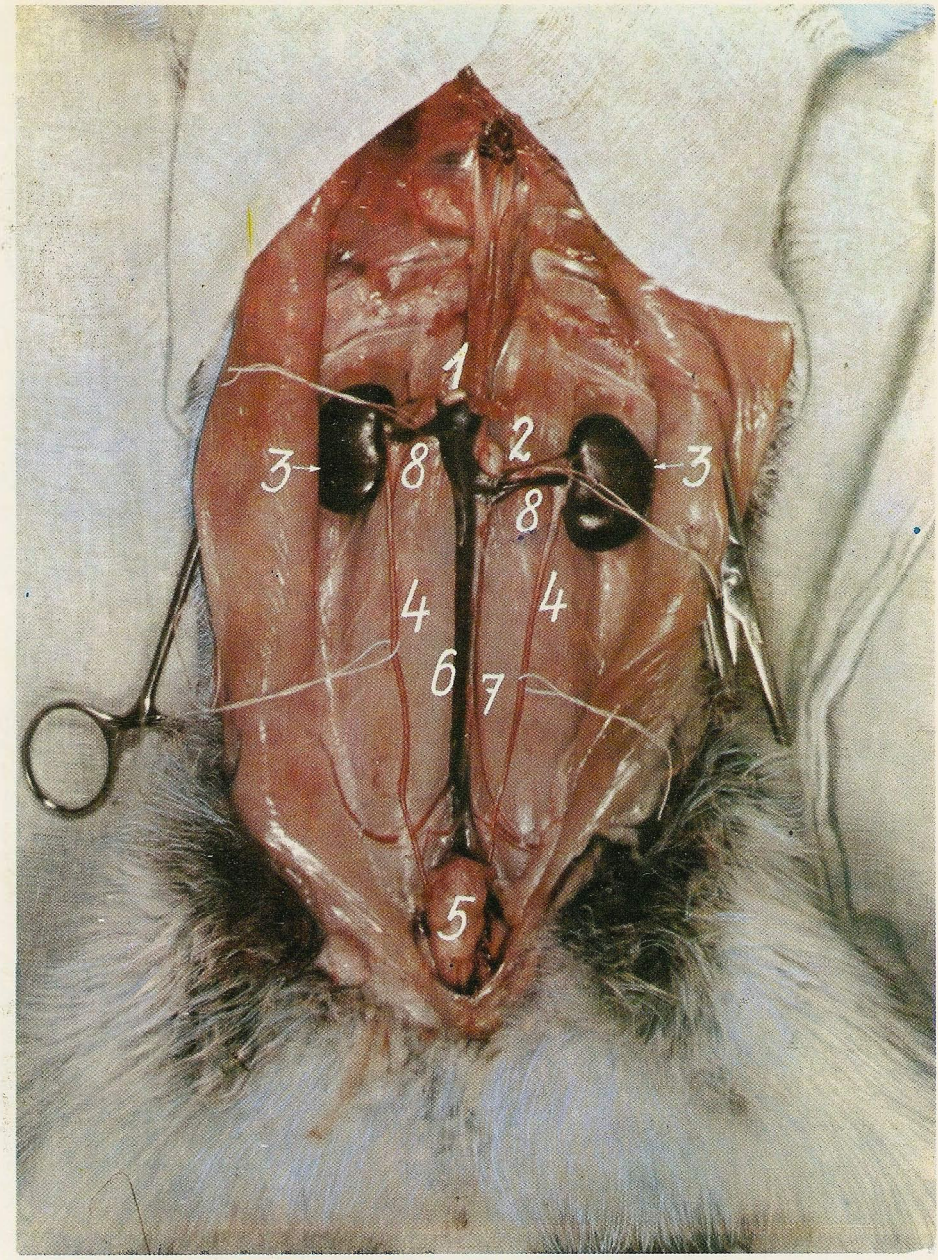
1 – **mezenterul ;**
2 – **vezica biliară ;**
3 – **corpul galben ;**
4 – **plămînul.**

PLANŞA XV

Evidențierea sistemului vascular la broască prin injectarea lui cu gelatină, colorată cu alb de zinc :

1 – **ventriculul ;**
2 – **atriul stîng ;**
3 – **vezica biliară ;**
4 – **rinichiul ;**
5 – **stomacul ;**
6 – **intestinul ;**
7 – **rectumul ;**
8 – **vezica urinară.**

PLANȘA XVI



Aparatul excretor și glandele suprarenale la iepure :

1 – suprarenala dreaptă ;
2 – suprarenala stîngă ;
3 – rinichii ;
4 – ureterele ;
5 – vezica urinară ;
6 – vena cavă inferioară ;
7 – artera abdominală ;
8 – artera și vena renală.

Lei 10,10

EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ – BUCUREŞTI